# Arbeitswissenschaftliches Modell zur nutzerorientierten Gestaltung technischer Produkte für Menschen mit krankheitsbedingten Einschränkungen am Beispiel von Sanitärprodukten

vorgelegt von MBA

Hsiu-Lin Liu

aus Berlin

von der Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme

der Technischen Universität Berlin

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der Ingenieurwissenschaften

– Dr.-Ing. –

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender: Prof. Dr. M. Thüring

1. Gutachter: Prof. Dr. W. Friesdorf

2. Gutachter: Prof. Dr. J. Herrmann

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 07. Juni 2012

Berlin 2012

D83

# Abstract

Zahlreiche Länder sind gegenwärtig mit den Herausforderungen, die der demografische Wandel mit sich bringt, konfrontiert. Statistischen Berichten zufolge, könnte durch die reduzierte Geburtenrate und steigende finanzielle Aufwendungen eine Finanzierungslücke entstehen, die wiederum die soziale Entwicklung beeinflusst. Die dringendste Aufgabe der Regierung ist es jetzt, Maßnahmen zu erarbeiten, um die möglichen Probleme, die mit einer alternden Bevölkerung einhergehen zu bewältigen.

In den letzten Jahren wurden zunehmend Produkte speziell für ältere Menschen auf den Markt gebracht. Allerdings ist die Bandbreite der Bedürfnisse in dieser Gruppe aufgrund ihrer Lebensweise, Bildung etc. sehr groß. Die Produkte, die derzeit auf dem Markt sind, sind jedoch noch unzureichend, auf diese Bedürfnisse abgestimmt. Aus diesem Grund setzt diese Arbeit ihr Augenmerk auf die Entwicklung eines Modells, das den Gesundheitszustand und die daraus resultierenden Anforderungen der älteren Benutzer bei dem Produktentwicklungsprozess berücksichtigt.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein Modell zu entwickeln, das die Stärken von verschiedenen Methoden in sich vereint. Damit können die Bedürfnisse der älteren Benutzer im täglichen Leben genau widergespiegelt werden. Gemäß den Ergebnissen dieses Modells, wird ein nutzerorientiertes Produkt entwickelt, um die Bedürfnissen der älteren Benutzer zufriedenzustellen.

Die Arbeit identifiziert sieben Faktoren, die während eines nutzerorientierten Produktenentwicklungsprozesses berücksichtigt werden müssen. Auf Grundlage dieser sieben Faktoren werden anschließend Methoden ausgewählt, die jeweils zu diesen Faktoren passen und zu einem Modell zusammengeführt.

Solche nutzerorientierten Produkte sollen älteren Benutzern helfen, alltägliche Aufgaben leicht und selbstständig zu erledigen. Man kann davon ausgehen, dass sich dadurch die Kosten für die Betreuung der älteren Menschen verringern. Das Modell könnte zukünftig auch am Arbeitsplatz für ältere Arbeitnehmer angewandt werden, so dass sie ihre Arbeitsfähigkeit aufrechterhalten und sogar verbessern können. Auf diese Weise würde der Einfluss des demografischen Wandels auf die Sozialsysteme verringert.

## Abstract

Having an aging population is an issue that numerous countries across the globe have faced in recent years. According to a statistics report reduced birthrates and increased life expectancy will lead to rising financial expenditure which will in turn influence social development. At present, the government's most urgent task is to draw up measures to confront possible problems that having an aging population entail.

User-centered products catering for elderly people have been put forward for years, but the population group has a range of special needs, owing to their lifestyle, education etc. In order to satisfy these needs, many specialized goods have been produced. However, the products currently on the market are still insufficient to match the needs of elderly users. Hence, this dissertation sets its sights on the development of a methodology within the design of products aimed at elderly users, which considers the condition of their health.

The goal of the present dissertation is to develop a model which integrates advantages derived from various methods, so that the requirements of elderly users in daily living could be accurately reflected. According to the results of this methodology, a senior-centered product can be designed and produced to match the requirements of senior citizens.

At the beginning of this research, seven factors which must be considered during a user-centered design process are determined. Based on these seven factors, methods that match these factors are selected. A methodology will therefore be developed through the combination of these methods.

Developing suitable products that can help senior citizens to easily and independently complete an everyday task is one of the anticipated results of this research. The cost of taking care of senior citizens would be expected to reduce by means of this measure. This model could also be applied in the design of workplace for senior workers, so that senior workers can maintain and improve their performance while employed. In this way, the impact of having an aging population would be reduced as it pertains to manpower.

# Zusammenfassung

**Teil A) Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung**

Zahlreiche Länder sind konfrontiert mit Problemen, die der demografische Wandel mit sich bringt; dazu gehören die Verschlechterung des Gesundheitszustandes der Menschen und den daraus resultierenden erhöhten Sozialkosten. Um diese Probleme möglichst zu lösen, aber auch damit Senioren im Alltag wieder mehr Selbstständigkeit genießen können, müssen Produkte für ältere Menschen nutzergerecht gestaltet werden.

Der Gesundheitszustand von Menschen der älteren Generation ist individuell unterschiedlich. Aus diesem Grund sollte die Gestaltung von Produkten für ältere Benutzer nicht ausschließlich von deren Alter abhängen, sondern von den realen Einschränkungen bzw. den durch die Einschränkungen verursachten besonderen Bedürfnisse. Es fehlt bisher ein ganzheitliches Modell, welches vorhandene Fähigkeiten bzw. Einschränkungen älterer Benutzer berücksichtigt und für den Produktgestaltungsprozess nutzbar macht.

Auf dieser Problemstellung basierend zielt die vorliegende Arbeit darauf ab, ein ganzheitliches Modell zur nutzerorientierten Produktgestaltung für ältere Menschen mit krankheitsbedingten Einschränkungen zu entwickeln. Dieses Modell soll hauptsächlich Produktentwicklern bei der Gestaltung technischer Produkte helfen und gleichzeitig für Betroffene der älteren Generation in allen Bereichen nützlich sein.

**Teil B) Methodisches Vorgehen**

Zum Aufbau eines auf einer benutzerorientierten Produktgestaltung basierenden Modells muss man einige nutzergerechte Konzepte anordnen und nachvollziehen. Aus den Konzepten abgeleitete Faktoren, die stets bei dem Entwicklungsprozess eines Produktes berücksichtigt werden, werden dann in dieser Arbeit festgelegt.

Die drei wesentlichen Faktoren – Benutzer, Aufgabe und Produkt – bilden wegen ihres engen Zusammenhangs untereinander ein Dreieck. Restliche Faktoren, wie Expertengruppe, Prinzip, Methoden und Evaluierung, werden bei dem Entwicklungsprozess für notwendig gehalten.

Zur Erläuterung des methodischen Vorgehens erfolgt eine Gliederung der Ergebnisse in die folgenden drei Teile. In Teil C wird die Wichtigkeit aller Faktoren herausgestellt, vor allem des Faktors „Benutzer“, danach werden zu jedem Faktor entsprechende Methoden in Teil D festgelegt. Dieses Modell wird in Teil E mithilfe von Krankheitsfällen evaluiert.

**Teil C) Situations- und Anforderungsanalyse**

In Kapitel C1 werden zuerst die menschlichen Fähigkeiten für die Erledigung einer Tätigkeit als wesentliche Kenntnis für eine nutzerzentrierte Produktentwicklung erläutert. Dabei werden diese Fähigkeiten in der Hierarchieanalyse als wesentlicher Inhalt der Struktur dargestellt. Anschließend erfolgt die Analyse der gesundheitlichen Situation von Senioren. Durch diese Analyse kann man häufige Krankheiten, an denen älteren Menschen leiden, und deren Symptome feststellen. Danach werden durch die Symptome verursachte Einschränkung bzw. beeinflusste Fähigkeiten hervorgehoben. Diese Informationen sind für die Entwicklung eines Modells zur benutzerorientierten Produktentwicklung hilfreich.

Im folgenden Prozess werden arbeitswissenschaftliche Methoden ausgewählt, die in das in dieser Arbeit zu entwickelnde Modell integriert werden. Diese Methoden werden mit Rücksicht auf Kundenanforderungsmanagement und den drei wesentlichen festgelegten Faktoren beim Entwicklungsprozess ausgewählt und festgelegt. Das Durchführungsverfahren dieser arbeitswissenschaftlichen Methoden wird dann in Teil D weiter verdeutlicht.

**Teil D) Synthese der Methoden zu einem Modell zur nutzergerechten Produktentwicklung**

Zu den sieben festgelegten Faktoren wurden in Teil C Methoden ausgewählt. Dabei werden allgemein menschliche Fähigkeiten in einer hierarchischen Struktur angeordnet. Mithilfe dieser angeordneten Informationen kann man ein komplettes Modell in Teil D synthetisieren.

Dieses Kapitel ist gemäß dem Prozess des Kundenanforderungsmanagements in drei Phasen gegliedert. In der ersten Phase kann man durch die Hierarchieanalyse mit Aktivitäten des täglichen Lebens (acitivites of daily living, ADL) und der Krankheits-Fähigkeits-Matrix den wirklichen Gesundheitszustand der Benutzer in Erfahrung bringen. Aus der ersten Phase erhaltene Informationen werden für besondere Anforderungen gehalten und in den zweiten Prozess übertragen.

In der zweiten Phase können durch die House-of-Quality-Methode zu verbessernde Produkte nach individuellen Gesundheitszuständen priorisiert werden. Ein bestimmtes Produkt wird dann durch die Ereignisbaumanalyse und Fehlerbaumanalyse mit der in dieser Arbeit erarbeiteten Liste der Merkmale weiter untersucht, um zu verbessernde Produktmerkmale festzulegen.

Die Produktmerkmale werden weiter in die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse-Methode in die dritte Phase übertragen. Diese Untersuchung umfasst nicht nur die Identifizierung zu verbessernder Merkmale, sondern auch die Entwicklung möglicher Maßnahmenvorschläge. Alle entwickelten Merkmale werden dann in den Morphologischen Kasten weitergeleitet. Mit dem Wissen der Expertengruppe und den entsprechenden Normen können einige ideale und innovative Produktentwürfe erzielt werden. Die Evaluierung des neuen Produktentwurfes wird mittels der Flussdiagramm-Methode und der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse-Methode qualitativ und quantitativ durchgeführt.

**Teil E) Evaluierung des Konzepts**

In der Evaluierung dieses Modells zur nutzerorientierten Produktentwicklung erfolgt sowohl die Überprüfung der Verwendbarkeit dieses Modells und aller gesetzten Ziele als auch die Bewertung des Gesamtergebnisses. Dazu werden für drei Krankheitsfälle für den Ort „Badezimmer“ die physischen und psychischen Fähigkeiten bestimmt. Dadurch kann der Anwendungsbereich dieses Modells ebenfalls überprüft werden.

Die erste Bewertung stellt die Erfüllung der zu Beginn gesetzten Ziele und die Berücksichtigung aller in dieser Arbeit festgelegten Faktoren in den Mittelpunkt. Diese Bewertung zeigt durch zwei Teile der Analyse (Nutzungskontextanalyse und Produktbezogene Analyse) die Vereinbarkeit der Methoden, Faktoren und Ziele.

Die Verwendbarkeit dieses Modells wird dann anhand von drei Krankheitsfällen – Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems, Diabetes und Alzheimer – in der zweiten Bewertung überprüft. Diese drei unter älteren Menschen verbreiteten Krankheiten weisen unterschiedliche körperliche Symptome auf. Durch diesen großen Unterschied in den menschlichen Fähigkeiten kann bewertet werden, ob mittels dieses Modells verschiedene Gesundheitszustände bei der Produktentwicklung wirklich wiedergegeben werden können, und ob Einschränkungen durch die von dem Modell herausgefundenen Verbesserungsmaßnahmen ausgeglichen werden können.

Die abschließende Bewertung des Gesamtergebnisses unterstreicht zuerst die Eignung des Vorgehens zur Entwicklung eines Modells (z. B. vollständige Definition der menschlichen Fähigkeiten). Aufgrund dieser Besonderheit kann ein daraus erzieltes Ergebnis auch für andere Bereiche nützlich sein, wie z. B. für die Medizin, Rehabilitation, Produktgestaltung usw. Die Stärken und Schwächen dieses Modells werden nach dem Evaluierungsprozess ebenfalls festgestellt und aufgelistet.

**Teil F) Schlussbetrachtung**

Die Schlussbetrachtung beinhaltet eine Diskussion des entwickelten Modells, der davon ausgehenden Ergebnisse und deren Übertragbarkeit auf andere Bereiche. Abschließend wird die voraussichtliche Anwendung und Entwicklung des Modells erläutert. Um die Zielsetzung der nutzerorientierten Produktentwicklung zu erfüllen, weist dieses entwickelte Modell ein komplettes Analyseverfahren auf, wie z. B. mithilfe einer objektiven und subjektiven Analyse, um individuelle Gesundheitszustände zu erfahren. Durch die Kombination der quantitativen und qualitativen Analyse können die Forschungsergebnisse einen umfassenden Überblick über den Forschungsgegenstand geben.

Die in dieser Arbeit gefundenen drei wesentlichen Faktoren, „Benutzer“, „Tätigkeit“ und „Produkt“, bilden einen entscheidenden Zusammenhang. Dies fördert die Berücksichtigung der Gestaltungsgrundsätze bei den nutzerzentrierten Produktentwicklungsprozessen und unterstützt eine weitere Anwendung dieses Modells.

Das Ergebnis dieses Modells bietet eine Vision, die künftig eine Möglichkeit der weiteren Entwicklung sowie eine einfache Anwendbarkeit und Übertragbarkeit umfasst. Die Übertragbarkeit des Modellls auf andere Zielgruppen und Branchen ist möglich. Die aus dieser Untersuchung hervorgehenden Produkte können dazu beitragen, schwierige Tätigkeiten in unterschiedlichen Bereichen wie z. B. am Arbeitssystem problemlos zu bewältigen und Unfallrisiken zu minimieren. Das Modell bedarf noch einer Erprobung in der Praxis.

# Inhaltsübersicht

**Abkürzungsverzeichnis** ..... **VI**

**Abbildungsverzeichnis** ..... **IX**

**Tabellenverzeichnis** ..... **XII**

**A Einleitung** ..... **1**

A1 Situation ..... 2

A2 Problemstellung und Abgrenzung ..... 12

A3 Zielsetzung ..... 14

Zusammenfassung von Teil A ..... 20

**B Methodisches Vorgehen** ..... **21**

B1 Grundlagen des Modells ..... 22

B2 Konkretes methodisches Vorgehen ..... 36

Zusammenfassung von Teil B ..... 41

**C Anforderungsanalyse für ein Modell zur nutzergerechten Produktgestaltung** ..... **42**

C1 Fähigkeit des Menschen zur Bewältigung einer Tätigkeit ..... 43

C2 Analyse der gesundheitlichen Situation von Senioren ..... 55

C3 Arbeitswissenschaftliche Methoden zur nutzergerechten Produktentwicklung ..... 65

Zusammenfassung von Teil C ..... 78

**D Synthese der Methoden zu einem Modell zur nutzergerechten Produktentwicklung** ..... **79**

D1 Methoden in der Phase der Anforderungserhebung ..... 80

D2 Methoden in der Phase der Anforderungsanalyse ..... 87

D3 Methoden in der Phase der Anforderungsspezifikation ..... 104

D4 Modell zur nutzergerechten Produktentwicklung ..... 121

Zusammenfassung von Teil D ..... 124

**E Evaluierung des Modells** ..... **125**

E1 Vorgehen bei der Evaluierung ..... 126

E2 Evaluierungsergebnisse ..... 127

Zusammenfassung von Teil E ..... 150

**F Schlussbetrachtung** ..... **151**

F1 Diskussion ..... 152

F2 Übertragbarkeit ..... 156

F3 Ausblick ..... 161

Zusammenfassung von Teil F ..... 162

**Glossar** ..... **163**

**Literaturverzeichnis** ..... **166**

**Anhang** ..... **172**

# Inhaltsverzeichnis

**Abkürzungsverzeichnis ..... VI**

**Abbildungsverzeichnis ..... IX**

**Tabellenverzeichnis ..... XII**

**A Einleitung ..... 1**

A1 Situation ..... 2

A1.1 Der demografische Wandel ..... 2

A1.2 Gesundheitszustand älterer Menschen ..... 5

A1.3 Anforderungen der älteren Benutzer an Produkte ..... 9

A1.4 Produktentwicklungsprozess ..... 10

A2 Problemstellung und Abgrenzung ..... 12

A2.1 Problemstellung ..... 12

A2.2 Abgrenzung der Arbeit ..... 13

A3 Zielsetzung ..... 14

A3.1 Entwicklung des Modells ..... 14

A3.2 Definition der Zielgruppe ..... 18

Zusammenfassung von Teil A ..... 20

**B Methodisches Vorgehen ..... 21**

B1 Grundlagen des Modells ..... 22

B1.1 Prozess des Kundenanforderungsmanagement ..... 22

B1.2 Das EFQM Excellence Modell ..... 23

B1.3 Verlauf der Produktentwicklung ..... 25

B1.4 Konzept zur nutzerorientierten Gestaltung ..... 28

B2 Konkretes methodisches Vorgehen ..... 36

Teil C) Situationsanalyse und Zielformulierung ..... 37

Teil D) Modellaufbau ..... 39

Teil E) Evaluierung ..... 40

Zusammenfassung von Teil B ..... 41

**C Anforderungsanalyse für ein Modell zur nutzergerechten Produktgestaltung ..... 42**

C1 Fähigkeit des Menschen zur Bewältigung einer Tätigkeit ..... 43

C1.1 Physische Fähigkeit ..... 43

C1.2 Psychische Fähigkeit ..... 48

C2 Analyse der gesundheitlichen Situation von Senioren ..... 55

C2.1 Gesundheitliche Situation älterer Menschen unter dem Aspekt der allgemeinen Fähigkeiten ..... 55

C2.2 Analyse der gesundheitsbezogenen Situation der ältere Menschen durch den Gesundheitsbericht ..... 57
C2.3 Zusammenfassung der häufigsten Krankheiten bei Senioren ..... 61
C3 Arbeitswissenschaftliche Methoden zur nutzergerechten Produktentwicklung ..... 65
C3.1 Hierarchieanalyse ..... 65
C3.2 House of Quality ..... 67
C3.3 Krankheits-Fähigkeits-Matrix ..... 70
C3.4 Ereignisbaumanalyse und Fehlerbaumanalyse ..... 70
C3.5 Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse ..... 72
C3.6 Morphologischer Kasten ..... 74
C3.7 Flussdiagramm ..... 75
Zusammenfassung von Teil C ..... 78
**D Synthese der Methoden zu einem Modell zur nutzergerechten Produktentwicklung ..... 79**
D1 Methoden in der Phase der Anforderungserhebung ..... 80
D1.1 Hierarchieanalyse mit ADL ..... 80
D1.2 Krankheits-Fähigkeits-Matrix ..... 82
D2 Methoden in der Phase der Anforderungsanalyse ..... 87
D2.1 House of Quality ..... 87
D2.2 Ereignisbaumanalyse & Fehlerbaumanalyse ..... 95
D3 Methoden in der Phase der Anforderungsspezifikation ..... 104
D3.1 Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse ..... 104
D3.2 Morphologischer Kasten ..... 113
D3.3 Flussdiagramm ..... 118
D4 Modell zur nutzergerechten Produktentwicklung ..... 121
Zusammenfassung von Teil D ..... 124
**E Evaluierung des Modells ..... 125**
E1 Vorgehen bei der Evaluierung ..... 126
E2 Evaluierungsergebnisse ..... 127
E2.1 Evaluierung der Faktoren und Unterzielen ..... 127
E2.2 Evaluierung am Beispiel von der krankheitsfällen ..... 130
E2.3 Evaluierung des Gesamtergebnisses ..... 146
Zusammenfassung von Teil E ..... 150
**F Schlussbetrachtung ..... 151**
F1 Diskussion ..... 152
F1.1 Diskussion des methodischen Vorgehens ..... 152
F1.2 Diskussion der Ergebnisse und Ableitung weiterer Fragestellungen ..... 155

F2 Übertragbarkeit ..... 156
F2.1 Übertragbarkeit auf andere Zielgruppen ..... 157
F2.2 Übertragbarkeit auf weitere Branchen ..... 158
F2.3 Übertragbarkeit auf die Arbeitsplatz- und Arbeitsmittelgestaltung ..... 158
F2.4 Übertragbarkeit auf das Projektmanagement ..... 159
F3 Ausblick ..... 161
Zusammenfassung von Teil F ..... 162
**Glossar ..... 163**
**Literaturverzeichnis ..... 166**
**Anhang ..... 172**
Anhang C2.2.1 Die internationale Klassifikation der Krankheiten ..... 172
Anhang C2.2.2 Krankheiten des Kreislaufsystems ..... 173
Anhang D1.1.1 Fähigkeiten zur Erledigung einer Tätigkeit in einem hierarchischen Aufbau ..... 174
Anhang D2.2.1 Leitlinie mit einer Hauptmerkmalliste ..... 175
Anhang D2.2.2 Gestaltung von Hand- und Arbeitsseiten bei Arbeitsmitteln ..... 176
Anhang D2.2.3 Zusammenfassung der Hand- und Arbeitsseite der Bearbeitungsebenen ..... 177
Anhang D2.2.4 Zusammenfassung aller Literaturquellen zur Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstelle ..... 178
Anhang E2.2.1 Für die Ausführung einer Tätigkeit benötigte Fähigkeiten ..... 181
Anhang E2.2.2 Beschreibung der für die vorliegende Arbeit berücksichtigten Grundausstattung im Badezimmer ..... 182
Anhang E2.2.3 Ereignisbaumanalyse & Fehlerbaumanalyse mit Produkt „Handtuch“ und Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“ ..... 184
Anhang E2.2.4 Ereignisbaumanalyse & Fehlerbaumanalyse mit Produkt „Duschkopf“ und Teiltätigkeit „Abspülen der Seife“ ..... 186

# Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| AAL | Ambient Assisted Living |
| ADL | Activities of daily living |
| AV | Auge, visuelles Wahrnehmungssystem |
| B2B | Business-to-Business |
| B2C | Business-to-Consumer |
| EB | Ellenbogen Beugen |
| FB | Fußspitzengelenk Beugen |
| FMEA | Failure Mode and Effects Analysis |
| FS | Fußspitzengelenk Strecken |
| GBE | Online-Datenbank der Gesundheitsberichterstattung |
| GE | Gehirn Entscheidung |
| GENESIS | Gemeinsames Neues Statistisches Informationssystem |
| GG | Gehirn Gedächtnis |
| GK | Gehirn Koordination |
| GW | Gehirn Wahrnehmung |
| HA | Hals Abziehen |
| HaA | Hand Abwiegen |
| HaDre | Hand Drehen |
| HaDrü | Hand Drücken |
| HaG | Hand Greifen |
| HaK | Hand Kurbeln |
| HaSch | Hand Schlagen |
| HaSto | Hand Stoßen |
| HauT | Haut Taktiles Wahrnehmungssystem |
| HauTh | Haut Thermisches Wahrnehmungssystem |
| HaW | Hand Wischen |
| HaZ | Hand Ziehen |
| HB | Hals Beugen |
| HD | Hals Drehung |
| HGA | Handgelenk Abziehen |
| HGB | Handgelenk Beugen |
| HGH | Handgelenk Heranziehen |
| HGS | Handgelenk Strecken |
| HH | Hals Heranziehen |
| HS | Hals Strecken |

| | |
|---|---|
| HüAb | Hüfte Abziehen |
| HüAu | Hüfte Außendrehung |
| HüB | Hüfte Beugen |
| HüH | Hüfte Heranziehen |
| HüI | Hüfte Innendrehung |
| IA | Innenohr Auditives Wahrnehmungssystem |
| ICD | International Classification of Diseases (Die Internationale Klassifikation der Krankheiten) |
| IV | Innenohr Vestibuläres Wahrnehmungssystem |
| KB | Knie Beugen |
| KL | Knie Laterale Drehung |
| KM | Knie Mediale Drehung |
| ME | Muskel Exzentrische Kontraktion |
| MI | Muskel Isometrische Kontraktion |
| MK | Muskel Konzentrische Kontraktion |
| MSK | Muskelspindel Kinästhetisches Wahrnehmungssystem |
| NA | Nerven Afferent |
| NaO | Nase Olfaktorisches Wahrnehmungssystem |
| NE | Nerven Efferent |
| PNS | Peripheres Nervensystem |
| QFD | Quality Function Deployment |
| RB | Rumpf Beugen |
| RD | Rumpf Drehung |
| RL | Rumpf Lateral Beugen |
| RPZ | Risikoprioritätszahl |
| RS | Rumpf Strecken |
| RüM | Rückenmark Muskelkontrolle |
| RüS | Rückenmark Somatosensorische Übertragung |
| SchA | Schulter Abziehen |
| SchB | Schulter Beugen |
| SchH | Schulter Heranziehen |
| SchL | Schulter Laterale Drehung |
| SchM | Schulter Mediale Drehung |
| SchS | Schulter Strecken |
| SGA | Sprunggelenk Außendrehung |
| SGB | Sprunggelenk Beugen |
| SGI | Sprunggelenk Innendrehung |
| SGS | Sprunggelenk Strecken |

| | |
|---|---|
| UCD | User-Centred Design |
| UP | Unterarm Pronation |
| US | Unterarm Supination |
| VDI | Verein Deutscher Ingenieure |
| WHO | World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation) |
| ZNS | Zentren des Zentralnervensystem |

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung des Anteils der älteren Bevölkerung in Deutschland von 2000 bis 2050 ..... 2
Abbildung 2: Entwicklung des Anteils der älteren Bevölkerung in Japan von 2000 bis 2050 In der Abb.: Der Anteil der älteren Bevölkerung 65+ in Prozent an der japanischen Gesamtbevölkerung ..... 3
Abbildung 3: Entwicklung des Anteils der älteren Bevölkerung in den USA von 2000 bis 2050 In der Abb.: Der Anteil der älteren Bevölkerung 65+ in Prozent der Gesamtbevölkerung in den USA ..... 3
Abbildung 4: Nach Lebensabschnitt und Alter zugeordnete Lebensphasen ..... 5
Abbildung 5: Gemäß der Landkarte zum Alter(n) von Wahl und Kruse..... 7
Abbildung 6: Ziele und Strukturierung der angestrebten Ergebnisse dieser Dissertation ..... 17
Abbildung 7: Prozess des Kundenanforderungsmanagements nach Jiao u. a. ..... 22
Abbildung 8: Das EFQM Excellence Modell nach EFQM..... 24
Abbildung 9: Generelles Vorgehen beim Entwerfen und Konstruieren nach VDI-Richtlinien 2111..... 26
Abbildung 10: Benutzerorientierte Gestaltungsaktivitäten gemäß EN ISO 13407..... 29
Abbildung 11: Prinzipien zur Gestaltung gemäß Shneiderman und Norman. ..... 30
Abbildung 12: Trichter-Prinzip zum benutzerorientierten Produkt in Anlehnung an Gould und Lewis, EN ISO 13407, Shneiderman und Norman..... 31
Abbildung 13: Die Integration aller gesammelten Konzepte zur Produktgestaltung ..... 32
Abbildung 14: Die während der Entwicklung des Modells zu berücksichtigenden Faktoren ..... 33
Abbildung 15: Zusammenhang zwischen Benutzer, Aufgaben und Produkt..... 34
Abbildung 16: Ein- und Rückwirkungen im Arbeitssystem nach Schlick u. a. ..... 35
Abbildung 17: Vorgehen zur Modellentwicklung und -evaluierung..... 38
Abbildung 18: Übersicht der Aufteilung jedes Kapitels ..... 39
Abbildung 19: Modell des Skelett-Mechanismus und Gelenke nach Schmidtke..... 43
Abbildung 20: Bewegungen bestimmter Extremitäten nach Chaffin u. a. ..... 44
Abbildung 21: Aufzeichnung der Körperhaltung bei der „Posture Targeting“-Methode in Bezug auf die Bewegung der Hand nach Corlette u. a. .....46
Abbildung 22 Emotionsentstehung im Gehirn nach LeDoux..... 49
Abbildung 23: Modell der Wahrnehmung nach Schmidtke sowie Lindsay und Norman..... 50
Abbildung 24: Ein Modell der menschlichen Informationsverarbeitung nach Wickens und Hollands..... 51
Abbildung 25: Der Prozess von Reiz zu Reaktion im zentralen Nervensystem (ZNS) und peripheren Nervensystem (PNS) nach Birbaumer und Schmidt. ..... 53
Abbildung 26: Die Struktur der Hierachieanalyse mit dem täglichen Leben (ADL) in der vorliegenden Arbeit..... 67
Abbildung 27: Wasserfallstruktur des QFDs nach Bouchereau und Rowlands ..... 68
Abbildung 28: Die Struktur der House-of-Quality-Analyse ..... 68
Abbildung 29: Festgestellter Inhalt der House-of-Quality-Methode in der vorliegenden Arbeit ..... 69
Abbildung 30: Die Darstellung des Gesundheitszustands des Benutzers durch eine Matrix..... 70
Abbildung 31: Struktur der Kombination der beiden baumförmigen Methode ..... 71
Abbildung 32: Morphologischer Kasten mit der Darstellung der Vorgehensweise zu den Lösungsvarianten..... 74

Abbildung 33: Finden einer besseren Lösung durch die Übersicht und den Vergleich zweier Flussdiagramme ..... 76
Abbildung 34: Fähigkeiten zur Erledigung einer Tätigkeit in einem hierarchischen Aufbau ..... 80
Abbildung 35: Der komplette Hierarchieanalyse Aufbau ..... 81
Abbildung 36: Die Struktur der Krankheits-Fähigkeits-Matrix ..... 82
Abbildung 37: COOP Chart zur Einschätzung der physischen Funktion nach Nelson u. a. ..... 84
Abbildung 38: Ablauf zur Durchführung der Krankheits-Fähigkeits-Matrix ..... 86
Abbildung 39: Aufbau der Methode *House of Quality* ..... 87
Abbildung 40: Aufnahme der Tätigkeit „Duschen“ nach Kira ..... 89
Abbildung 41: Ablauf zur Bewertung in der Beziehungsmatrix ..... 94
Abbildung 42: Von den beiden baumförmigen Methoden abgeleitete Merkmale ..... 96
Abbildung 43: Bearbeitungsebenen bei der Gestaltung von Arbeitsmitteln in Anlehnung an Bullinger ..... 97
Abbildung 44: Drei Komponenten der Bearbeitungsebenen zur Gestaltung von Arbeitsmitteln in Anlehnung an Bullinger ..... 100
Abbildung 45: Drei Phasen der Anwendung eines Produktes ..... 100
Abbildung 46: Vier Teile des FMEA-Formblatts ..... 104
Abbildung 47: Fehleranalyse der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse ..... 105
Abbildung 48: Risikobeurteilung der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse ..... 105
Abbildung 49: Lebenslauf eines Produktes nach Pahl u. a. ..... 110
Abbildung 50: Entwicklung der Maßnahmen durch die baumförmige Analyse und Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) ..... 111
Abbildung 51: Bilden einer Funktionsstruktur durch Aufgliedern einer Gesamtfunktion in Teilfunktionen ..... 114
Abbildung 52: Funktionsarten und -struktur ..... 115
Abbildung 53: Quelle des morphologischen Kastens ..... 115
Abbildung 54: Exemplarische Darstellung eines morphologischen Kastens am Beispiel der Armatur ..... 116
Abbildung 55: Suchfeld für neue Lösungen ..... 117
Abbildung 56: Vorbereitungsphase der Flussdiagrammanalyse ..... 120
Abbildung 57: Modell ..... 122
Abbildung 58: Verlauf einer Ausführung mit einer bestimmten Krankheit ..... 127
Abbildung 59: Evaluierung des vereinfachten Modells durch Faktoren und Unterziele ..... 128
Abbildung 60: Aufbau der Hierarchieanalyse der Tätigkeit „Duschen“ ..... 131
Abbildung 61: Darstellung der Entwicklung des House of Quality ..... 132
Abbildung 62: Vollständiger Aufbau vom House of Quality ..... 133
Abbildung 63: Ereignis- und Fehlerbaumanalyse mit dem Produkt „Wasserhahn“ und der Teiltätigkeit „Regulierung der Wassermenge“ ..... 137
Abbildung 64: FMEA mit Produkt- Wasserhahn und Teiltätigkeit- Regulierung der Wassermenge ..... 139
Abbildung 65: FMEA mit Produkt „Handtuch“ und Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“ ..... 143
Abbildung 66: Übereinstimmung zweier Kategorien aus der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse und der FMEA ..... 147
Abbildung 67: Vorgang der Untersuchung ohne Berücksichtigung des Gesundheitszustands der Benutzer ..... 148
Abbildung 68: Anwendung des entwickelten Modells und künftig erweiterte Entwicklung ..... 156

Abbildung 69: Erweiterte Zielgruppe ..... 157
Abbildung 70: Diagramm zur Phase „Initialisierung“ in Anlehnung an DIN 69901-2 ..... 159
Abbildung 71: Die Methode in dem vorliegenden Modell und Projektphasen des Projektmanagements ..... 160
Abbildung 72: Einbußgrößen zur Gestaltung von Hand· und Arbeitsseiten bei Arbeitsmitteln nach Bullinger .. 176

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die Entwicklung der Geburtenrate in drei wichtigen Industrieländern ..... 3
Tabelle 2 : Die Entwicklung der Lebenserwartung innerhalb eines Dreijahreszeitraums in den WHO-Gebieten ..... 4
Tabelle 3: Erklärung und Aufgabe jedes Schritts im Prozess des Kundenanforderungsmanagement nach Jiao u. a. ..... 23
Tabelle 4: Durchführung der nutzergerechten Produktentwicklung in Anlehnung an das EFQM-Excellence-Modell ..... 25
Tabelle 5: Übersicht der Ansatzpunkte zur altengerechten Produktentwicklung nach Blessing & Reinicke ..... 27
Tabelle 6: Die Anatomischen Bewegungsarten ..... 44
Tabelle 7: Abschließende Übersicht über die Bewegung der Gelenke des Körpers ..... 45
Tabelle 8: Übersicht der Funktionen der Hand ..... 46
Tabelle 9: Art der Muskelbewegung bei statischer und dynamischer Arbeit ..... 46
Tabelle 10: Funktionen der Muskeln ..... 47
Tabelle 11: Die sensorischen Modalitäten nach Schönpflug ..... 48
Tabelle 12: Übersicht der Funktionen der sensorischen Modalitäten ..... 48
Tabelle 13: Übersicht über die Nervensysteme und deren Funktionen ..... 52
Tabelle 14: Übersicht über die Funktionen der zwei Teile des zentralen Nervensystems ..... 54
Tabelle 15: Funktionen des peripheren Nervensystems ..... 54
Tabelle 16: Das Organsystem und seine Veränderungen im höheren Lebensalter beim gesunden älteren Menschen (>60 Jahre) ..... 56
Tabelle 17: Übersicht über die häufigsten Erkrankungen unter der Dimension der Gesundheit und den Kategorien der Erkrankungen ..... 57
Tabelle 18: Die Anzahl der Diagnosen der Krankenhauspatienten über 65 Jahre in Deutschland zwischen 2006 und 2008 ..... 59
Tabelle 19: Die Fälle der häufigsten Diagnosen bei Menschen über 65 Jahre in Deutschland von 2006 bis 2008; Quelle: Online-Datenbank der Gesundheitsberichterstattung ..... 60
Tabelle 20: Der Vergleich der häufigsten Krankheiten zwischen beiden Datenbanken ..... 61
Tabelle 21: Übersicht über die Symptome der Alzheimerkrankheit nach Kane und Vas ..... 63
Tabelle 22: Übersicht über die Symptome der Arthrosis nach Hazzard u. a. ..... 63
Tabelle 23: Übersicht über die Symptome des Diabetes ..... 64
Tabelle 24: Vom Prozess des Kundenanforderungsmanagements abgeleitete Methoden ..... 65
Tabelle 25: Symbol zur Darstellung der Beziehung in der Matrix nach Govers ..... 69
Tabelle 26: Vergleich der beiden baumartigen Analysen ..... 71
Tabelle 27: FMEA-Formblatt nach Kamiske & Brauer ..... 72
Tabelle 28: Beispiel zur Einschätzung des Gesundheitszustandes in der Matrix ..... 85
Tabelle 29: Bewegungsanalyse am Beispiel der Tätigkeit „Duschen“ ..... 89
Tabelle 30: Darstellung des ersten Kriteriums zur Bewertung der Beziehung ..... 91
Tabelle 31: Darstellung des zweiten Kriteriums zur Bewertung der Beziehung ..... 92
Tabelle 32: Prinzip zur verallgemeinerten Zuweisung von Noten gemäß der Fähigkeitenanzahl ..... 93

Tabelle 33: Darstellung von Tabelle 31 nach der verallgemeinerten Notenzuweisung ..... 93
Tabelle 34: Darstellung des dritten Kriteriums zur Bewertung der Beziehung ..... 94
Tabelle 35: Kombination von Ereignisbaumanalyse und Fehlerbaumanalyse ..... 95
Tabelle 36: Produktbezogene Merkmalsarten und deren Merkmale ..... 98
Tabelle 37: Menschenbezogene Merkmalsarten und deren Merkmale ..... 99
Tabelle 38: Merkmale des Produktes während der Anwendung eines Produktes ..... 101
Tabelle 39: Kontakt mit dem Produkt während der Anwendung eines Produktes ..... 102
Tabelle 40: Durchführung während der Anwendung eines Produktes ..... 103
Tabelle 41: Anwendung der beiden baumförmigen Methoden ..... 104
Tabelle 42: Auftretenswahrscheinlichkeit in der FMEA in der vorliegenden Arbeit ..... 106
Tabelle 43: Kriterien zur Definition der Bedeutung der Folgen eines Fehlers ..... 107
Tabelle 44: Dringlichkeitskategorien mit typischen Verletzungsmustern ..... 108
Tabelle 45: Dringlichkeitskategorien mit dem entsprechenden Verletzungsgrad ..... 109
Tabelle 46: Kriterien zur Definition der Entdeckung des Fehlers ..... 110
Tabelle 47: Lösungsmöglichkeiten der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse ..... 112
Tabelle 48: Ergebnisbeurteilung der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse ..... 112
Tabelle 49: Vorgehensweise des morphologischen Kastens und der vorliegenden Arbeit ..... 113
Tabelle 50: Auswahlliste zur Einschränkung der Anzahl der Gesamtlösungen ..... 118
Tabelle 51: Übereinstimmung zwischen den Methoden und den Faktoren ..... 123
Tabelle 52: Faktoren und Unterziele als Kriterien zur Evaluierung dieses Modells ..... 126
Tabelle 53: Überprüfung der Vereinbarkeit der Methoden, Faktoren und Ziele in der Nutzungskontextanalyse 129
Tabelle 54: Überprüfung der Vereinbarkeit der Methoden, Faktoren und Ziele in der produktbezogenen Analyse ..... 130
Tabelle 55: Bewertung aller Teiltätigkeiten und deren zugehöriger Produkte durch die Fähigkeitsanalyse ..... 134
Tabelle 56: Durch die Alzheimerkrankheit verursachte Einschränkungen und gegebener Schweregrad ..... 135
Tabelle 57: Vergleich der Fähigkeiten von gesunden Menschen und Menschen mit Alzheimerkrankheit ..... 136
Tabelle 58: Morphologischer Kasten mit dem Produkt „Wasserhahn“ und der Teiltätigkeit „Regulierung der Wassermenge“ ..... 140
Tabelle 59: Durch Arthrose verursachte Einschränkungen und gegebener Schweregrad ..... 141
Tabelle 60: Bewertung im Vergleich zu Menschen mit Arthrose ..... 142
Tabelle 61: Durch Diabetes verursachte Einschränkungen und gegebener Schweregrad ..... 144
Tabelle 62: Bewertung im Vergleich zu Menschen mit Diabetes ..... 145
Tabelle 63 Krankheitskapitele von der internationale Klassifikation der Krankheiten (ICD-10) ..... 172
Tabelle 64 Hierarchische Struktur der internationalen Klassifikation der Krankheiten am Beispiel von Krankheiten des Kreislaufsystems (I00-I99) ..... 173
Tabelle 65 Leitlinie mit Hauptmerkmallisten nach Pahl u. a. ..... 175
Tabelle 66 von Bullinger vorgestellte Merkmalarten und Merkmale ..... 177
Tabelle 67 Zusammenfassung aller Konzepte der Mensch-Maschine-Schnittstelle zur Gestaltung ..... 178

# A Einleitung

Inhalt und Aufbau von Teil A:

A1 Situation (S. 2)

A1.1 Der demografische Wandel (S. 2)

A1.2 Gesundheitszustand älterer Menschen (S. 5)

A1.3 Anforderungen älterer Benutzer an Produkte (S. 9)

A1.4 Produktentwicklungsprozess (S. 9)

A2 Problemstellung und Abgrenzung (S. 12)

A2.1 Problemstellung (S. 12)

A2.2 Abgrenzung der Arbeit (S. 13)

A3 Zielsetzung (S. 14)

A3.1 Entwicklung des Modells (S. 14)

A3.2 Definition der Zielgruppe (S. 18)

Zusammenfassung von Teil A (S. 20)

Die Einleitung der vorliegenden Arbeit erklärt den Stand der Produktentwicklung im Rahmen des demografischen Wandels und der Gesundheit älterer Menschen. Davon ausgehend werden Probleme der benutzerorientierten Produktentwicklung beschrieben sowie Zielsetzungen für deren Lösung erarbeitet.

# A1 Situation

## A1.1 Der demografische Wandel

Der demografische Wandel bezieht sich auf Bevölkerungsveränderungen, die die Alterung der Bevölkerung und den Geburtenrückgang betreffen. Gesellschaften, die vom demografischen Wandel betroffen sind, haben Probleme in vielen Bereichen, wie z. B. auf dem Arbeitsmarkt, bei der Rente und in der Wirtschaft. Leider geht die Entwicklung in zahlreichen Ländern in eine ähnliche Richtung. Um kommenden Problemen vorzubeugen, muss jedes Land präventive Maßnahmen ergreifen.

Wie in Abbildung 1 zu sehen, wird sich die Prozentzahl der Bevölkerung 65+ in Deutschland in den nächsten 40 Jahren von gut zehn auf prognostizierte 30 Prozent kontinuierlich erhöhen. In einer ähnlichen Situation befindet sich die japanische Gesellschaft, deren Bevölkerungsstruktur sich drastisch verändert hat (Abbildung 2). Aufgrund geringer Geburtenraten wirkt sich der Zuwachs der älteren Bevölkerung offensichtlich immer stärker aus. Die Geburtenrate (Total Fertility Rate) in Japan betrug 2008 1,3 Kinder pro Frau (Tabelle 1). Damit liegt die Geburtenrate Japans noch unter der von Deutschland mit 1,3 und den USA mit 2,1. Die niedrige Geburtenrate, die zu einer immer geringeren Bevölkerung führt, ist ein Faktor, der den Anteil älterer Menschen an der Gesamtbevölkerung ständig steigen lässt.

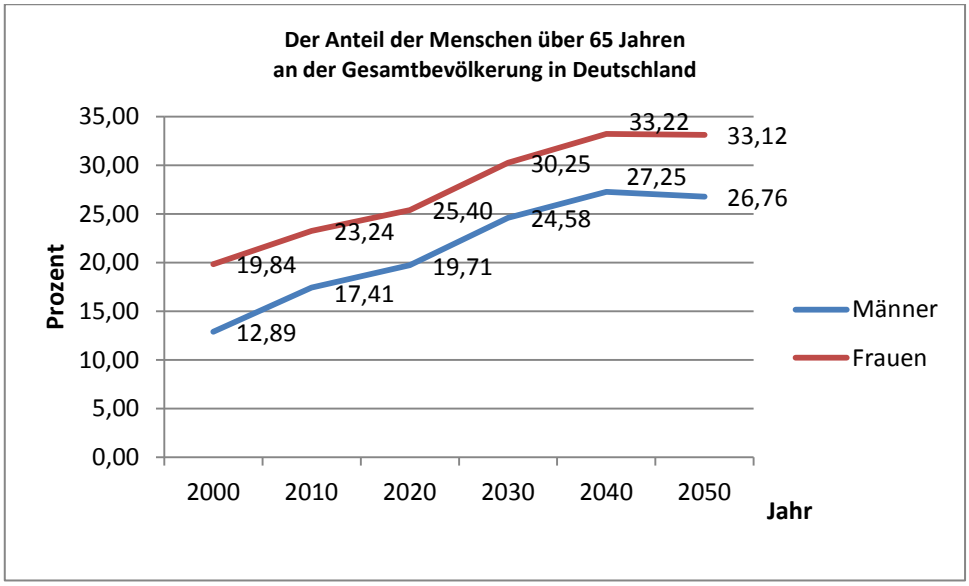



Abbildung 1: Entwicklung des Anteils der älteren Bevölkerung in Deutschland von 2000 bis 2050

Quelle: U.S. Census Bureau International Data Base[1] In der Abb.: Der Anteil der älteren Bevölkerung 65+ in Prozent der Gesamtbevölkerung in Deutschland

[1] http://www.census.gov/ipc/www/idb/index.php

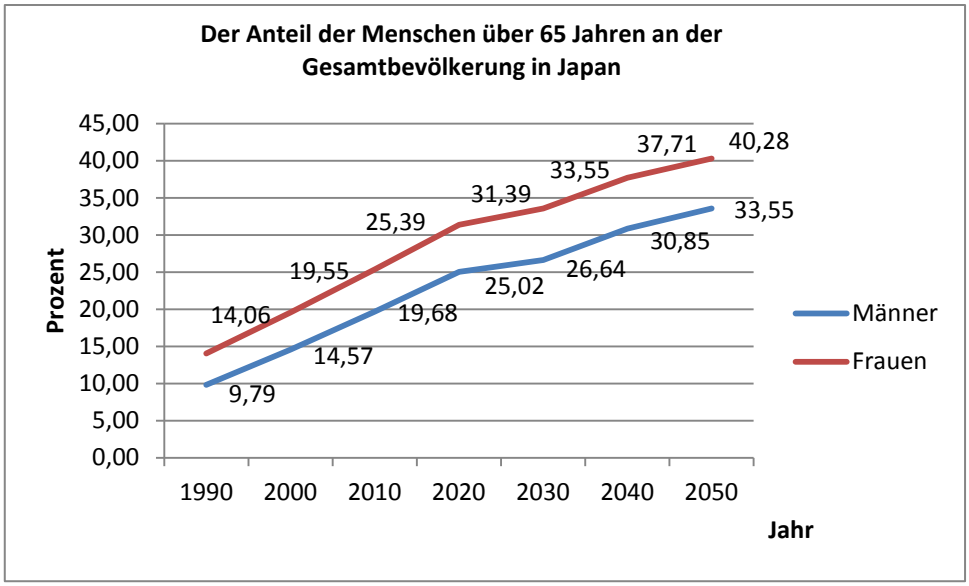



Abbildung 2: Entwicklung des Anteils der älteren Bevölkerung in Japan von 2000 bis 2050 In der Abb.: Der Anteil der älteren Bevölkerung 65+ in Prozent an der japanischen Gesamtbevölkerung

| Jahr / Land | 1990 | 2000 | 2008 |
|---|---|---|---|
| Deutschland | 1,4 | 1,3 | 1,3 |
| Japan | 1,6 | 1,3 | 1,3 |
| USA | 2,0 | 2,0 | 2,1 |

Tabelle 1: Die Entwicklung der Geburtenrate in drei wichtigen Industrieländern
Quelle: U.S. Census Bureau International Data Base[2]

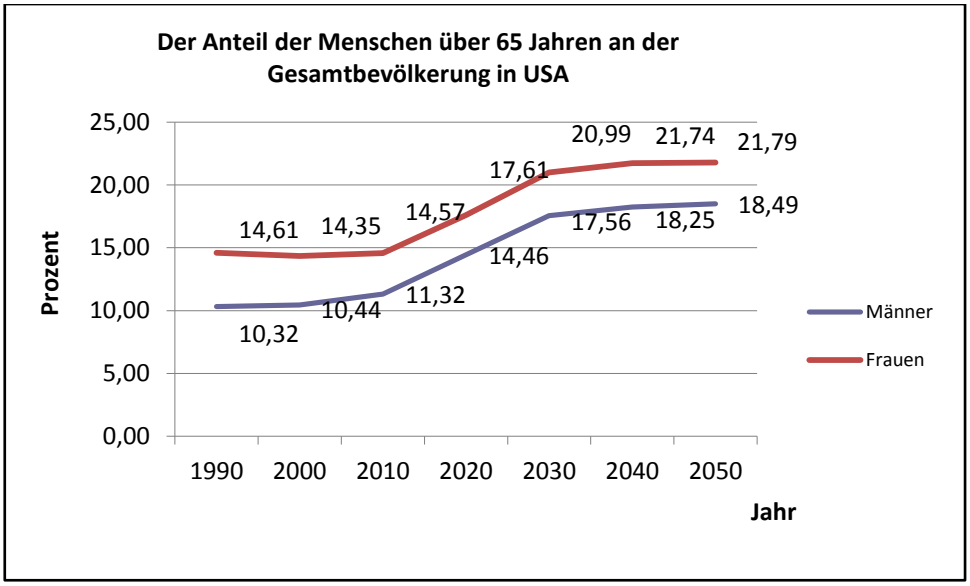



Abbildung 3: Entwicklung des Anteils der älteren Bevölkerung in den USA von 2000 bis 2050 In der Abb.: Der Anteil der älteren Bevölkerung 65+ in Prozent der Gesamtbevölkerung in den USA

[2] Vgl. WHO (2010), S. 160f.

Die Zunahme der älteren Bevölkerung ist eine Folge sowohl des Bevölkerungsrückgangs als auch einer gestiegenen Lebenserwartung. Aufgrund medizinischer Fortschritte, wachsenden Gesundheitswissens, einer gesundheitsbewussten Lebensweise und einer immer besseren medizinischen Versorgung ist die Lebenserwartung ständig gestiegen. Aus den veröffentlichten Statistiken der WHO in Tabelle 2 ist zu ersehen, dass die durchschnittliche Lebenserwartung 2010 in allen Gebieten der Welt gestiegen ist.

| Jahr / Gebiet | 1990 | 2000 | 2008 |
|---|---|---|---|
| Afrika | 51 | 50 | 53 |
| Amerika | 71 | 74 | 76 |
| Südostasien | 58 | 62 | 65 |
| Europäischer Raum | 72 | 72 | 75 |
| Ostmittelmeerregion | 61 | 63 | 65 |
| Westpazifikraum | 69 | 72 | 75 |
| Global | 64 | 66 | 68 |

Tabelle 2 : Die Entwicklung der Lebenserwartung innerhalb eines Dreijahreszeitraums in den WHO-Gebieten[3]

Aufgrund der zunehmenden Lebenserwartung und der abnehmenden Geburtenrate nimmt der Anteil älterer Menschen in der Gesellschaft immer weiter zu. Um mehr über die Bedürfnisse älterer Menschen zu erfahren, muss man verschiedene gesellschaftliche Bereiche wie Arbeitsplatz, Öffentlichkeit, Wohnraum, Verkehrsmittel usw. analysieren. Die Lebensbedingungen in der Umgebung sollten dann so angepasst werden, dass die Zufriedenheit älterer Menschen erhöht und gleichzeitig die Lebensqualität verbessert wird.

[3] Vgl. WHO (2010), S. 56.

## A1.2 Gesundheitszustand älterer Menschen

### *Ältere Menschen*

Lebensphasen können gemäß der Lebenslaufsoziologie in drei Abschnitte eingeteilt werden, die sich an der Berufstätigkeit orientieren (Abbildung 4): die Bildungsphase, die Erwerbstätigkeits- und Familienphase bzw. der Ruhestand. Das jeweilige Jahr des Beginns der einzelnen Altersphasen ist aber nach verschiedenen Ländern zu differenzieren und kann nur gemäß der Aufeinanderfolge im Lebenslauf im Vergleich zu späteren Phasen eingeordnet werden. Betrachtet man die vergangenen Jahrzehnte, kann die spätere Phase angesichts der ständig steigenden Lebenserwartung in weitere Phasen, in ein drittes und viertes Lebensalter, unterteilt werden.[4] Im Vergleich zur späteren Phase ist die Bildungsphase schwieriger zu definieren, denn es gibt vielfältige Schulsysteme in unterschiedlichen Ländern. Im deutschen Schulsystem werden den Schülern z. B. zahlreiche Möglichkeiten geboten, ihren Werdegang individuell zu gestalten.[5] Hackmann und Moog haben die Zahl der potentiell Erwerbstätigen bis 2050 gemäß der Potentialerwerbsquotendaten des Instituts für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB) prognostiziert. Die Potentialerwerbsquoten stiegen im Jahr 2005 in der Altersspanne von 15 bis 70 Jahren, bis sie im Alter von 45 Jahren mit 99 Prozent ihren Höchstpunkt erreichten. Danach sanken sie wieder, bis sie im Alter von 70 Jahren mit 4 Prozent ihren niedrigsten Stand erreichten.[6]

| **Phase** | Bildungsphase | Erwerbstätigkeit | Familienphase | |
|---|---|---|---|---|
| **Altersabschnitt** | Erstes Lebensalter | Zweites Lebensalter | Drittes Lebensalter | Viertes Lebensalter |
| **Alter** | Aus individueller Gestaltung unterschiedlich | Bis 65 | 65-85 | 85+ |

Abbildung 4: Nach Lebensabschnitt und Alter zugeordnete Lebensphasen[7]

[4] Vgl. Tesch-Römer, Clemens und Wurm, Susanne (2009), S. 10f.
[5] Vgl. Hillmert, Steffen (2009), S. 217f.
[6] Vgl. Hackmann, Tobias (2008), S. 4.
[7] Vgl. Tesch-Römer, Clemens und Wurm, Susanne (2009), S. 11.

Die Altersgrenze hinsichtlich des Ausscheidens aus dem Beruf ist von Gesellschaft zu Gesellschaft unterschiedlich, darüber hinaus wird das Rentenalter in manchen Ländern als eine Altersgrenze bezeichnet. Das Rentenalter ist momentan international noch nicht einheitlich geregelt. Kruse u. a.[8] definieren das Alter als einen Vorgang, der zu einer Lebensphase in einem lebenslangen Prozess wird. Eine konkrete Altersgrenze zum Alter ist aber nicht einfach zu bestimmen. Das Alter der Altersgrenze ergibt sich nicht direkt aus der vorher schon festgelegten Lebensphase, sondern auch aus vielen weiteren Faktoren, z. B. dem Fortschritt der Medizintechnik, gesellschaftlichen Konventionen und individuellem Lebensstil.

***Veränderung des Gesundheitszustandes älterer Menschen***

Ältere Menschen weisen heute nach einer Studie von US National Long-Term Care [9] geringere Einschränkungen sowie einen besseren Gesundheitszustand als in der Vergangenheit auf; vor allem durch die ständige Förderung des Gesundheitszustands kann die Leistungsfähigkeit eines 70-Jährigen lange Zeit erhalten werden.[10] Veränderungen des Organsystems wie z. B. eine verminderte Funktion der Organsysteme kommen vor allem im höheren Lebensalter vor, eben bei gesunden älteren Menschen.[11] Eine solche Situation führt dann wiederum zu einem Anstieg der Erkrankungen.

Obwohl der Gesundheitszustand dank medizinischer Fortschritte verbessert und das Lebensalter dadurch verlängert wird, existiert das Problem der Multimorbidität nicht nur in den höheren Altersgruppen. Wahl und Kruse haben behauptet, dass Menschen mit Multimorbidität im Durchschnitt zwischen 43 und 48,5 Jahren erkranken. Im Alter von 60 bis 79 Jahren hat jeder fünfte ältere Mensch mindestens drei Krankheiten.[12]

Das altersbezogene Wissen in der heutigen Gerontologie wird in fünf Bereiche unterteilt. Gemäß der Landkarte[13] des Alterns, die von Wahl und Kruse entwickelt wurde, zeigen sie vier Elemente zur Erklärung möglicher Auswirkungen auf unsere alternde Gesellschaft auf. Die vier Elemente können auf die Veränderung älterer Menschen innerhalb vieler Gebiete zurückgeführt werden. Die Landkarte (Abbildung 5) lässt sich in zwei Bereiche aufteilen. Im ersten Teil haben Veränderungen im Rahmen von Biologie, Psychologie und Soziologie einen direkten Einfluss auf die Gesundheit älterer Menschen. Im zweiten könnte man durch bestimmte Maßnahmen wie Gymnastik, leichten Sport oder eine Veränderung des Lebensstils eine mögliche negative Auswirkung des Alters verhindern. Schließlich gibt es übergreifende Konstrukte, um unterschiedliche Wissenschaftsdisziplinen miteinander zu verbinden. In den folgenden Abschnitten werden die möglichen Veränderungen, die das Alter durch den Alterungsprozess hervorruft, in die drei Bereiche Biologie, Psychologie und Soziologie aufgeteilt.

[8] Vgl. Wahl, Hans-Werner und Kruse, Andreas (2009), S. 7.
[9] Vgl. Crews, Douglas E. und Zavotka, Susan (2006), S. 114.
[10] Vgl. Wahl, Hans-Werner und Kruse, Andreas (2009), S. 7.
[11] Vgl. Kruse, Andreas (2004), S. 190.
[12] Vgl. Wahl, Hans-Werner und Kruse, Andreas (2009), S. 460.
[13] Vgl. Ebenda, S. 83.

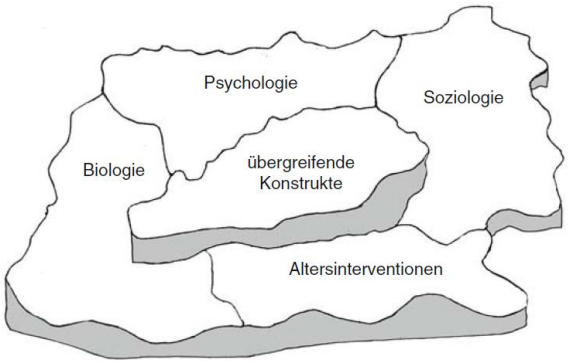



Abbildung 5: Gemäß der Landkarte zum Alter(n) von Wahl und Kruse

**Biologie**

Der erste Teil der Karte hilft, Veränderungen zu verstehen, die bei älteren Menschen auftreten. Zum Bereich der Biologie gehören häufige Erkrankungen wie Arthrose, Osteoporose, Arteriosklerose, Demenz als Alzheimer-Typ usw., die mit physiologischen Veränderungen durch den Alterungsprozess in Verbindung stehen.[14] Darüber hinaus führen weitere altersphysiologische Veränderungen zu chronischen Erkrankungen. Häufige chronische Erkrankungen, wie beispielweise kardiovaskuläre Erkrankungen, Krebs und Diabetes, bringen Beeinträchtigungen mit sich.[15]

**Psychologie**

Die psychologische Leistungsfähigkeit bezieht sich nicht nur auf die Stimmung und Kognition, sondern ist auch von anderen unterschiedlichen Fähigkeiten abhängig. Zuallererst ist die Mechanik (physische Bewegungen) zu nennen, welche die Verarbeitung unterschiedlicher Informationen betrifft, einschließlich der Fähigkeit des logischen Denkens, der räumlichen Vorstellung und der Entscheidungsfindung.[16] Diese psychologische Fähigkeit wird im Laufe der Zeit durch die Degeneration der biologischen Zentralfunktionen zu einer verzögerten und fehleranfälligen Informationsverarbeitung führen.

Im Gegensatz dazu steht die Pragmatik (wie sprachliche Fähigkeiten, kulturgebundenes Wissen usw.), die von der Ansammlung menschlichen Wissens und Könnens abhängig ist. Die Fähigkeiten dieses Bereichs können über die gesamte Lebenszeit erhalten werden, um die eigene Selbst- und Weltsicht zu erklären; zu ihnen zählen z. B. sprachliche Fähigkeiten, Erfahrungswissen und Weltwissen. Die Umgangsformen sind weniger wichtig als die biologischen Fähigkeiten im Alltag, die wir zum Überleben brauchen, jedoch ist der Leistungsverlust im Bereich der Pragmatik geringer als der Leistungsrückgang auf dem Gebiet der physischen Bewegungen.[17]

[14] Vgl. Ebenda, S. 100.
[15] Vgl. Tesch-Römer, Clemens und Wurm, Susanne (2009), S. 12.
[16] Vgl. Wahl, Hans-Werner und Kruse, Andreas (2009), S. 117.
[17] Vgl. Ebenda, S. 118f.

Unter dem Gedächtnis versteht man das Arbeitsgedächtnis (kurzfristiges Gedächtnis) und das Langzeitgedächtnis (langfristiges Gedächtnis). Bei Veränderungen des Gedächtnisses im Alter ist das Arbeitsgedächtnis immer in größerem Maß betroffen. Einige Informationen werden nicht mehr effizient verarbeitet, zudem können sie teilweise auch nicht mehr in den Langzeitspeicher übertragen werden. Aus diesem Grund werden lange zurückliegende Ereignisse im Alter besser erinnert.

**Soziologie**

Die durch Erkrankungen verursachten Einschränkungen können zu einer Beeinträchtigung in Bezug auf soziale Störungen führen. Ein an Arthrose leidender Patient wird sich durch den Bewegungsschmerz wahrscheinlich nicht mehr wie früher regelmäßig mit seinen Freunden treffen. Alzheimer-Demenz-Patienten können durch Gedächtniseinbußen keinen aktiven Kontakt mehr mit Freunden oder der eigenen Familie aufnehmen, deswegen begrenzt der Patient die eigene soziale Aktivität, was zu einer Partizipationsstörung[18] führt.

***Bewusstsein für den eigenen Gesundheitszustand***

Um den Gesundheitszustand zu ermitteln, können verschiedene subjektive und objektive Methoden angewendet werden. Durch die Medizintechnik und deren Geräte kann der Gesundheitszustand in einer objektiven Form z. B. durch Labordaten exakt beschrieben werden. Im Unterschied zu objektiven Vorstellungen über den Gesundheitszustand berücksichtigt der subjektive Gesundheitszustand die Meinung des Betroffenen. Der subjektive Gesundheitszustand ist eine Bewertung des eigenen Gesundheitszustandes durch den Patienten selbst. Diese beiden Bereiche des Gesundheitszustandes werden in Betracht gezogen, um den tatsächlichen Zustand der Betroffenen zu ermitteln.

Eine subjektive Gesundheitseinschätzung, die relativ leicht ermittelt werden kann, muss nicht unbedingt etwas über den objektiven Zustand aussagen, darüber hinaus ist die subjektive Gesundheitseinschätzung als ein Indikator des Gesundheitszustandes in höherem Alter gefährlich, wenn Krankheiten infolge mangelnden Krankheitsgefühls nicht sofort entdeckt und rechtzeitig behandelt werden können.[19] Andererseits werden einige Symptome von Krankheiten als Teil des Alterungsprozesses betrachtet, die von vielen älteren Menschen gar nicht als Krankheit erkannt werden.

Insgesamt sollten, um ein benutzerorientiertes Produkt zu gestalten, möglichst vielfältige Informationen sowohl auf der subjektiven als auch auf der objektiven Ebene ermittelt werden.

[18] Partizipationsstörung bezieht sich darauf, dass eine Person einen Mangel an intellektueller Stimulation und sensorischer Aufnahme mit der Folge eines graduellen Verlustes kognitiver Fähigkeiten wie Gedächtnis oder Orientierung erleidet. Diese führen dann gegebenenfalls dazu, dass die Person für eine längere Zeit in relativer Isolation gelassen wird. Vgl. Schuntermann, Michael F. (1999), S. 352.

[19] Vgl. Tesch-Römer, Clemens und Wurm, Susanne (2009), S. 14.

## A1.3 Anforderungen älterer Benutzer an Produkte

Die Leistungsfähigkeit älterer Benutzer kann nicht automatisch vom kalendarischen Alter abgeleitet werden, weil Leistung und Motivation stark von den Arbeitsaufgaben und -bedingungen abhängig sind. Außerdem sind individuelle Fähigkeiten bei älteren Benutzern sehr unterschiedlich.[20] Aufgrund der veränderten Fähigkeiten älterer Benutzer muss man darauf achten, dass vorhandene Produkte die Bedürfnisse älterer Personen auch erfüllen.

Die Abnahme der Sehfähigkeit ist eine der häufigsten altersbedingten Veränderungen. Demzufolge müssen Anforderungen an Produkte für ältere Benutzer nach den Grundregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle erfüllt werden, z.B. ein erhöhter Lichtbedarf, Farbkontrast, größere Auflösung auf dem Bedienteil.[21] Deswegen kann man diese Anforderungen der Benutzer gemäß den Grundsätzen der Gestaltung (wie Norm, Ergonomie, Gestaltungskriterien, usw.) durch die Anpassung der Arbeitsaufgaben und Arbeitsumgebung zufriedenstellen.

Zahlreiche Benutzer leiden an Krankheiten und/oder altersbedingten physischen Einschränkungen, die zu Risiken bei der Anwendung eines Produktes im Alltag oder sogar zu einem Unfall führen können. Diese physischen Einschränkungen sind von Mensch zu Mensch unterschiedlich. Aus diesem Grund müssen Produktgestalter im Entwicklungsprozess die individuellen Fähigkeiten und die Beweglichkeit älterer Kunden in Betracht ziehen. Die Fähigkeit, alltägliche Tätigkeiten auszuführen, wäre gefährdet, wenn individuelle Eigenschaften dabei nicht beachtet würden.[22] Durch die Berücksichtigung entsprechender Faktoren wird die Nützlichkeit eines Produktes für ältere Menschen erhöht, weshalb die Benutzer die Produkte gerne anwenden werden und ihre Tätigkeiten gefahrlos durchführen können.

Individualisierte Produkte anzubieten wird wegen der Schwankung der Benutzermerkmale auch als eine Herausforderung für Entwickler angesehen. Die Veränderungen umfassen individuelle Fähigkeiten, Präferenzen, den Zeitraum einer Veränderung (vorübergehende oder dauerhafte Änderungen) und Merkmale verschiedener Aufgaben (Komplexität, Häufigkeit, zeitliche Einschränkungen usw.).[23] Um die Anforderungen der Benutzer zu verfolgen, ist eine Untersuchung der Benutzerprofile zur Individualisierung notwendig.

Das Benutzerprofil ist nicht der einzige Faktor, der während der Produktentwicklung berücksichtigt werden soll, auch der Ort ist ein wesentlicher Aspekt hierbei. Steinweg[24] und Rashid[25] haben in ihren Forschungsberichten die These formuliert, die Wohnung sei nach der Pensionierung der Ort, an dem ältere Menschen sich die längste Zeit aufhalten, und genau dort passieren auch die meisten Unfälle. Bei einer Befragung haben ältere Befragte angegeben, dass sie persönliche Einstiegs- und

[20] Vgl. Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 120.
[21] Vgl. Deutsches Institut für Normung (2004), S. 7.
[22] Vgl. Crews, Douglas E. und Zavotka, Susan (2006), S. 115.
[23] Vgl. Deutsches Institut für Normung (2009a), S. 10f.
[24] Vgl. Steinweg, K K (1997), S. 1816f.
[25] Vgl. Rashid, SHSA und Ahmad, Nobaya (2005), S. 6.

Ausstiegshilfen und zusätzliche Haltegriffe für die Badewanne benötigen.[26] Um die Unfallrate zu reduzieren, muss man sich zunehmend mit der Frage auseinandersetzen, ob vorhandene Produkte Anforderungen der Kunden exakt zufriedenstellen können. Erst durch kunden- und altersgerechte Produkte kann man sicherstellen, dass ältere Menschen alltägliche Tätigkeiten ohne Risiko und unfallfrei durchführen können.

Der Ort, an dem ältere Benutzer sich aufhalten, ist nicht nur die Wohnung. Nach Auskunft der deutschen Rentenversicherung ist der Renteneintritt tendenziell immer später. Zahlreiche Arbeitsplätze in allen Bereichen, wie z. B. beim Einsatz von Maschinen, Arbeitsgeräten sowie im Arbeitsumfeld, müssen langfristig an die Bedürfnisse älterer Arbeitnehmer angepasst werden. Um älteren Mitarbeitern die Erledigung von Aufgaben in ihrem Arbeitsbereich zu erleichtern, können Arbeitsplätze ergonomisch eingerichtet werden, z. B. durch einfach ablesbare Bedienungsanzeigen, eine stärkere Berücksichtigung der Mensch-Maschine-Schnittstelle und leichter nutzbare Bedienteile.[27] Durch die Anpassung der Arbeitsgeräte kann der Rückgang von Fähigkeiten ausgeglichen und gleichzeitig das Unfallrisiko am Arbeitsplatz reduziert werden.

Von den oben genannten Zuständen ausgehend kann man sagen, dass der Nutzungskontext, welcher einer der in der Norm aufgelisteten Spezifikationen zum Messen der Gebrauchstauglichkeit ist, beim Entwicklungsprozess eine große Rolle spielt. Unter dem Nutzungskontext versteht man Faktoren bei der Anwendung von Produkten, wie z.B. Benutzer, Arbeitsaufgaben, Arbeitsmittel sowie Umgebung. [28]

## A1.4 Produktentwicklungsprozess

Die sozialen Veränderungen der Gesellschaft sind eindeutig: Alter und Individualisierung gegenüber den jüngeren Generationen und der Gemeinschaft nehmen zu. Davon geht das Konzept des „Ambient Assisted Living“ (AAL) aus. Unter AAL versteht man Altersgerechte Assistenzsysteme für ein gesundes und unabhängiges Leben.[29] Das heißt, das Konzept setzt auf technische Assistenzsysteme, die es älteren Menschen möglichst lange erlauben, ein unabhängiges und eigenverantwortliches Leben zu führen. Ganzheitliche Lösungen für die technischen Assistenzsysteme sind erforderlich, die sich auf die Entwicklung neuer Technologien, Dienste und Dienstleistungen konzentrieren, um älteren Menschen nach deren Fähigkeiten Hilfe bei alltäglichen Tätigkeiten zu bieten. Benötigt wird auch eine fachübergreifende Kooperation, wie z.B. von Unternehmen, Dienstleistern, Wohnungswirtschaften, Ärzten, Krankenkassen, Nutzern und der Landespolitik.[30] Darüber hinaus muss der Nutzer beim Prozess der Produktentwicklung im Mittelpunkt stehen. Der Erfolg einer Technologie ist stark von der Zustimmung der Anwender abhängig.

Die Norm 60601-1-6, allgemeine Festlegungen für die Sicherheit medizinischer elektrischer Geräte, fordert ebenfalls, dass der Hersteller ausführliche Informationen bzw. Spezifikationen für den

[26] Vgl. Mollenkopf, Heidrun u.a. (2000), S. 165.
[27] Vgl. Kohlbacher, Florian und Herstatt, Cornelius(hrsg) (2008), S. 25.
[28] Vgl. Deutsches Institut für Normung (1999), S. 4.
[29] Vgl. http://www.aal-deutschland.de/
[30] Vgl. Katrin, Gaßner und Michael, Conrad (2010), S. 27.

Ergonomieprozess beim Entwicklungsprozess dokumentiert.[31] Diese Informationen enthalten den Zweck, das Anwender-Profil, Körperteil und Anwendung (Umgebung, Häufigkeit, Örtlichkeit usw.) und sind die Leitlinie beim Design. Die über den Nutzungskontext gesammelten Informationen sind dennoch für die Produktentwicklung nicht ausreichend. Um die Zufriedenheit der Benutzer zu gewährleisten bzw. zu verbessern, ist die Aufnahme eines benutzerorientierten Gestaltungsprozesses bei der Produktentwicklung ständig gefragt.

Die Norm ISO 13407 „Benutzerorientierte Gestaltung interaktiver Systeme" betont die Notwendigkeit der aktiven Beteiligung der Benutzer.[32] Die Beteiligung der Benutzer in dem Entwicklungsprozess liefert wertvolle Informationen nicht nur über den Benutzer, sondern auch über die Arbeitsaufgaben, die Umgebung usw. Mit diesen Informationen kann der Entwickler während der Entwicklungsphase ein klares Verständnis von den Benutzer- und Aufgabenanforderungen erlangen.

Um die Gebrauchstauglichkeit zu prüfen, kann man durch Prototypen den Nutzungskontext simulieren und dadurch eine Beurteilung für Produkte erhalten. Während dieser Phase sollen Prototypen von Endbenutzern benutzt werden, dann werden die Funktionen der Produkte bei der Simulation wirklichkeitsgetreu wiedergegeben.[33] ISO 9241 enthält eine Leitlinie über die Messung der Gebrauchstauglichkeit und verlangt die Teilnahme der Benutzer an der Evaluierung. Diese ist für die Prüfungen oder Tests der Gebrauchstauglichkeit geeignet.[34] Davon ausgehend sollte der Benutzer am gesamten Prozess zur Produktentwicklung beteiligt werden.

Entwickler entwerfen Produkte in der Regel gemäß ihren eigenen Erfahrungen und Vorstellungen; auch wenn sie Kundenwünsche bei der Spezifikation berücksichtigen, kann es daher zu einem misslungenen Entwurf kommen. So erfüllen Entwickler die antizipierten Anforderungen, anstatt die tatsächlichen Anforderungen der Kunden zu verwirklichen.[35]

Japan ist ein gutes Beispiel für ein hoch entwickeltes Land, das stark unter dem demografischen Wandel leidet. Durch die Alterung der Bevölkerung und den Geburtenrückgang hat sich Japans Bevölkerungsstruktur bereits von der Form einer Pyramide zur Form einer Raute entwickelt.[36] Eine Studie, die im Auftrag deutscher Unternehmen in Japan durchgeführt wurde, hat gezeigt, dass mehr als 90 Prozent aller befragten Unternehmen glauben, dass das Marktsegment alter Menschen in den nächsten zehn Jahren in Japan ganz allgemein in den Vordergrund gestellt werden sollte; dennoch glauben nur 45 Prozent der Unternehmen, dass dieses Marktsegment für ihre eigene Firma potenzielle Geschäftsmöglichkeiten bietet. 82,2 Prozent dieser Unternehmen entwickeln keine Produkte oder Dienstleistungen speziell für ältere Benutzer.[37]

[31] Vgl. Deutsches Institut für Normung (2005a), S. 12.
[32] Vgl. Deutsches Institut für Normung (2000), S. 4.
[33] Vgl. Deutsches Institut für Normung (2005a), S. 14.
[34] Vgl. Deutsches Institut für Normung (1999), S. 7.
[35] Vgl. Harding, J. A. u.a. (2001), S. 53.
[36] Vgl. Kohlbacher, Florian und Herstatt, Cornelius(hrsg) (2008), S. 6f.
[37] Vgl. Ebenda, S. 22.

Die deutschen Unternehmen, die Produkte für Senioren entwickeln, integrieren in nur 39,1 Prozent der Fälle ältere Menschen in den Entwicklungsprozess.[38] Es ist ersichtlich, dass wenige Firmen das Marktsegment älterer Menschen in Betracht ziehen, vor allem in Japan, obwohl hier die Alterung der Bevölkerung rasant voranschreitet.

Die für ältere Benutzer gestalteten Produkte auf dem Markt wurden in den meisten Fällen nicht von den Endbenutzern selbst verlangt, sondern von den Unternehmen in den Markt gedrückt, die solche Produkte verkaufen wollen. So gehören diese Produkte während des Prozesses der Produktgestaltung eigentlich eher zum Business-to-Business- (B2B) als zum Business-to-Consumer-Bereich (B2C).[39] Wenn die Benutzer nicht in gewissem Umfang am Produktentwicklungsprozess beteiligt werden, muss die endgültige Gestaltung durch komplizierte Recherchen zu Kundenbedürfnissen, zum Markt sowie zur Akzeptanz des Produktes vor der Gestaltung abgesichert und durch eine Prüfung zur Sicherheit, Nützlichkeit und Brauchbarkeit nach der Gestaltung ergänzt werden.

## A2 Problemstellung und Abgrenzung

### A2.1 Problemstellung

Wer gehört zum Alter? Viele Länder haben unterschiedliche Weisen, die Lebensalter abzugrenzen. Menschen werden in den verschiedenen Ländern als alt bezeichnet, wenn sie das jeweilige Rentenalter erreichen. Dieses ist von Land zu Land unterschiedlich, denn eine weltweite Altersgrenze, mit der man ins Rentenalter eintritt, gibt es nicht. Der Grund dafür ist, dass die Situation von älteren Menschen von vielen Faktoren beeinflusst wird, z. B. Lebensstil, Gesundheitsverhalten, soziale Lage, medizinische und pflegerische Faktoren usw.[40] Durch einen gesunden Lebensstil und regelmäßiges Training von Körper und Geist können ältere Menschen eine bessere Verfassung aufweisen als jüngere Menschen. Aus diesem Grund sollte die Gestaltung von Produkten für ältere Benutzer nicht ausschließlich vom Alter abhängen, sondern von der realen Einschränkung bzw. den durch die Einschränkung verursachten besonderen Bedürfnissen der älteren Benutzer. Die Bedürfnisse älterer Benutzer benötigen daher ein objektive und subjektive Ansichten berücksichtigendes Modell zur nutzerorientierten Produktentwicklung.

Das Konzept der nutzerorientierten Produkte steht während des Entwicklungsprozesses im Vordergrund, um die Bedürfnisse der Kunden zu erfahren, bevor die Herstellung eines Produktes beginnt. Die Ideen des „Design für Alle“ und der „Barrierefreiheit“ können zwar Anforderungen der Mehrheit der Menschen erfüllen,[41] allerdings ist die Benutzung eines Produkts für die übrigen Nutzer (insbesondere die Menschen, die durch Krankheit verursachte Einschränkungen aufweisen) aufgrund ihrer individuellen Bedürfnisse nicht optimal. Infolge des demografischen Wandels wird sich die Größe

[38] Vgl. Ebenda, S. 23.
[39] Vgl. Mertens, P. u.a. (2008), S. 356.
[40] Vgl. Tesch-Römer, Clemens und Wurm, Susanne (2009), S. 15f.
[41] Vgl. Leidner, Rüdiger u.a. (2006), S. 203.

dieser Gruppe sichtlich erhöhen. Wer kümmert sich um die Bedürfnisse von Nutzern mit Einschränkungen? Mit dieser Problematik müssen sich Forscher und andere auseinandersetzen.

Um die Anforderungen von Benutzern an ein Produkt herauszufinden, wurden in der Vergangenheit bereits viele Methoden verwendet; unter anderem wurde oft ein subjektiver Fragebogen benutzt, um die individuellen Anforderungen herauszufinden. Ein Fragebogen, ein einfaches und günstiges Verfahren, erfragt effizient den subjektiven Gesundheitszustand, jedoch reflektiert die subjektive Gesundheit nicht vollständig den wirklichen Gesundheitszustand.[42] Ältere Menschen können dadurch gefährliche Symptome ignorieren und ein Mortalitätsrisiko eingehen. Neben dem subjektiven Fragebogen ersetzt ein objektiver Ansatz den Mangel an umfassendem Wissen über den Gesundheitszustand.

Die Herstellung von Produkten für ältere Benutzer erfolgte bisher überwiegend im Rahmen einer B2B-Produktgestaltung, in der die dargestellten Bedürfnisse von einem Produktgestalter umgesetzt wurden,[43] der entweder zu jung war, um die Bedürfnisse der älteren Anwender zu verstehen, oder sich nur auf die moderne Gestaltung sowie die Form des Produktes fokussierte. Auf die Funktionalität des Produktes, die sich der physischen Fähigkeit der Benutzer anpassen kann, achtete der Produktgestalter weniger. Aufgrund der oft vage und emotional geäußerten Kundenwünsche verstand er die Anforderung des Kunden an das Produkt nicht.

## A2.2 Abgrenzung der Arbeit

***Fokus auf die Anwendergruppe „Generation Plus mit Erkrankungen“***

Die unterschiedlichen Einflussfaktoren machen es schwer, die Anforderungen an das Produkt anhand der heterogenen Zielgruppe der Benutzer zu definieren, d. h., im Alter gibt es große Unterschiede, was den Gesundheitszustand angeht. Die Unterschiede in der Gruppe ergeben sich aus dem Schweregrad des Symptoms einer Krankheit oder der durch die Krankheit verursachten Einschränkungen. Wenn Zielgruppen lediglich nach dem Alter gebildet werden, wird das Konzept der nutzerorientierten Produktentwicklung aus Mangel an Rücksicht auf Abweichungen zwischen älteren Benutzern innerhalb einer Gruppe schwierig zur Anwendung zu bringen sein.

Aus diesem Grund basiert die vorliegende Arbeit auf den von Einschränkungen beeinflussten Fähigkeiten älterer Benutzer. Diese Einschränkungen resultieren aus den am stärksten verbreiteten Krankheiten, an denen ältere Menschen (60+) leiden. Objektive Symptome werden mit medizinischen Fachbüchern oder Berichten gesammelt und festgehalten. Dabei muss die subjektive Sicht des Benutzers auch in diese Arbeit einfließen, um die Bedürfnisse und Anforderungen allgemein zu ermitteln.

[42] Vgl. Tesch-Römer, Clemens und Wurm, Susanne (2009), S. 14.
[43] Vgl. Mertens, P. u.a. (2008), S. 357.

***Betrachtetes Produkt***

Nach der Pensionierung verbringen ältere Menschen wesentlich mehr Zeit zu Hause als noch zur Zeit ihrer Erwerbstätigkeit. Die Produkte, die ältere Menschen bei den im Haushalt alltäglich anfallenden Arbeiten benötigen, sind zum Großteil technische Geräte.[44] Die Merkmale dieser Geräte müssen das Konzept der Mensch-Maschine-Schnittstelle berücksichtigen: Verstehen ältere Benutzer die Terminologie der Bedienungsanleitung? Können sie durch geeignete Anpassung des Produktes eine Tätigkeit effizient und korrekt ausführen?

Im Badezimmer verwendete Produkte stehen in dieser Arbeit im Vordergrund, da das Badezimmer der Ort ist, an dem älteren Menschen am häufigsten Unfälle passieren. Auch Rashid und Ahmad kamen in ihrem Bericht zu dem Ergebnis, dass Unfälle am häufigsten auf der Toilette und im Badezimmer passieren. Der Grund dafür ist in nicht vorhandenen Geländern und glatten Böden zu sehen. Außerdem weist das Badezimmer relativ extreme Eigenschaften in einem geschlossenen Raum auf, wie höhere Feuchtigkeit, höhere Temperatur im Winter, lautes Geräusch von fließendem Wasser oder technische Geräte (z. B. Rasierapparat und Haartrockner). Diese Eigenschaften verändern die Umgebung, z. B. verändert warmes Wasser die Temperatur im Badezimmer, und führen möglicherweise zu einer verzögerten Reaktion oder einer falschen Entscheidung.[45]

Aus den erwähnten Gründen behandelt diese Dissertation Produkte im Badezimmer, die helfen können, Unfälle zu minimieren.

***Prozess des Entwurfs***

Am Anfang des Entwicklungsprozesses werden normalerweise die Produkte der Konkurrenz berücksichtigt. Das Konzept der vorliegenden Arbeit konzentriert sich auf Eigenschaften der Zielgruppe, die körperliche und gesundheitliche Einschränkungen aufweist. Ziel ist es, Faktoren herauszufinden, anhand derer Produkte für bestimmte Benutzer besser gestaltet werden können, so dass alltägliche Arbeiten mit höherer Effizienz und Sicherheit problemlos erledigt werden können. Aus diesem Grund werden Konkurrenzprodukte nicht berücksichtigt.

## A3 Zielsetzung

### A3.1 Entwicklung des Modells

Um kundenseitige Anforderungen zu reflektieren, benötigt der Produktgestalter ein Modell, mit dem Kundenwünsche in der Sprache des Kunden in messbare Qualitätsmerkmale des Produktes bzw. in die Sprache des Ingenieurs umgesetzt werden können. Nur so kann der Produktgestalter ein entsprechendes Produkt für die Zielgruppe entwickeln.

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines Modells zur nutzerorientierten Gestaltung technischer Produkte für Menschen mit krankheitsbedingten Einschränkungen. Um dieses

[44] Vgl. Kimpeler, Simone u.a. (2006), S. 65.
[45] Vgl. Rashid, SHSA und Ahmad, Nobaya (2005), S. 6.

Ziel zu erreichen, soll nicht nur über die Ansicht des Anbieters diskutiert werden, sondern das Modell soll auch konkrete Einschränkungen älterer Benutzer berücksichtigen. Aus dieser Zielsetzung können vier Unterziele abgeleitet werden. Die Struktur der vorliegenden Arbeit ist in Abbildung 6 aufgezeigt.

***Ziel 1: Bedürfnisse der Benutzer in Erfahrung bringen***

Durch den Prozess des Alterns leiden ältere Menschen oft an bestimmten Erkrankungen oder haben entsprechende Einschränkungen, die teilweise zu Fähigkeitseinbußen führen. Deswegen soll untersucht werden, welche spezifischen Anforderungen diese Benutzergruppe an das Produkt stellt; dadurch können Anforderungen unterschiedlicher Nutzergruppen unterschieden und hervorgehoben werden. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen die veränderten Fähigkeiten von älteren Benutzern unter subjektiven und objektiven Aspekten berücksichtigt werden.

***Ziel 2: Definition der Tätigkeit, Aufgabe und Merkmalart des Produktes***

Beim Entwicklungsprozess spielt der Zusammenhang zwischen der Tätigkeit des Benutzers und den Anforderungen des Produktes eine große Rolle. Die Beschreibung dieser Tätigkeit ist ein wichtiger Bestanteil des Modells. Anhand dessen kann man überlegen, auf welche Weise die Tätigkeit am effektivsten durchgeführt werden kann. Aus diesem Grund ist die Tätigkeit ein Faktor der Anfangsphase der Analyse.

Je nach Art der Tätigkeit gibt es mehrere dazugehörige Aufgaben, die zur Erfüllung dieser Tätigkeit beitragen. Diese Aufgaben definieren auch die Funktion des Produktes. In dieser Phase wird das Zusammenspiel zwischen den Anwendern (älteren Menschen) und technischen Produkten berücksichtigt. Basierend auf diesen Informationen, kann man sich für erforderliche Parameter und weitere Merkmale des Produktes entscheiden, um die Tätigkeit effizient zu erfüllen.

Im Gegensatz zur Merkmalsart (z.B. Farbe, Form, Abmessung etc.)[46] des Produktes ist es erforderlich, die Merkmale des Produktes nach der Analyse wieder zu verbessern. Die Einschränkungen der Benutzer sind unveränderlich, die Parameter des Produktes können jedoch flexibel und leicht verändert werden, um sie an die Anforderungen anzupassen.

Mit der Definition der Merkmalsarten können die Funktion und Beschaffenheit eines Produktes festgelegt werden. Dieser Prozess ist hilfreich für die folgende Risikobewertungsanalyse, um die Dringlichkeit der zu verbessernden Merkmale festzulegen. Damit ergeben sich optimale Lösungen zu bestimmten Merkmalen des Produktes.

***Ziel 3: Finden einer Lösung***

Durch die komplette Analyse können alle Merkmalsarten des Produktes nach der Zerlegungsanalyse verdeutlicht werden. Auf diese Weise können Lösungen gleichzeitig durch gestaltungsbezogenes Wissen und ergonomische Vorschläge der Expertengruppe entwickelt werden. Mehrere mögliche Verbesserungen werden auch von der Expertengruppe hervorgehoben, dadurch kann die

[46] Vgl. Deutsches Institut für Normung (1993), S. 4.

Gebrauchstauglichkeit aller Verbesserungsmaßnahmen und des in dieser Dissertation entwickelten Modells später evaluiert werden.

***Ziel 4: Evaluierung des Ergebnisses***

Durch die Besprechung der Experten kann der endgültige Entwurf für ältere Benutzer beschlossen werden. Vor dem Markteintritt muss eine Evaluierung eines neuen Produktes durchgeführt werden. Diese Evaluierung dient sowohl der Prüfung des vorliegenden Modells als auch der Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit des Produktes. Das Konzept der Gebrauchstauglichkeit zielt darauf ab, die Erfüllung der Benutzer-Anforderungen an das Produkt zu überprüfen, anderenfalls muss man auf die Neudefinition der Anforderungen zurückkommen, bis optimale Verbesserungsmaßnahmen erreicht werden. [47] Die Spezifikationen zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit beruhen auf den Besonderheiten einer Anwendung (Geräte, Anwender und Zweckbestimmung), Gefährdungsmerkmalen (Ergebnisse der Risikoanalyse) und vorhersagbaren Benutzungsfehlern im Zusammenhang mit dem Gerät.[48] Man kann dann mit den Spezifikationen die Gebrauchstauglichkeit eines Produktes bewerten.

[47] Vgl. Haklay, Mordechai (Muki) (2010), S. 101.
[48] Vgl. Deutsches Institut für Normung (2005a), S. 13.

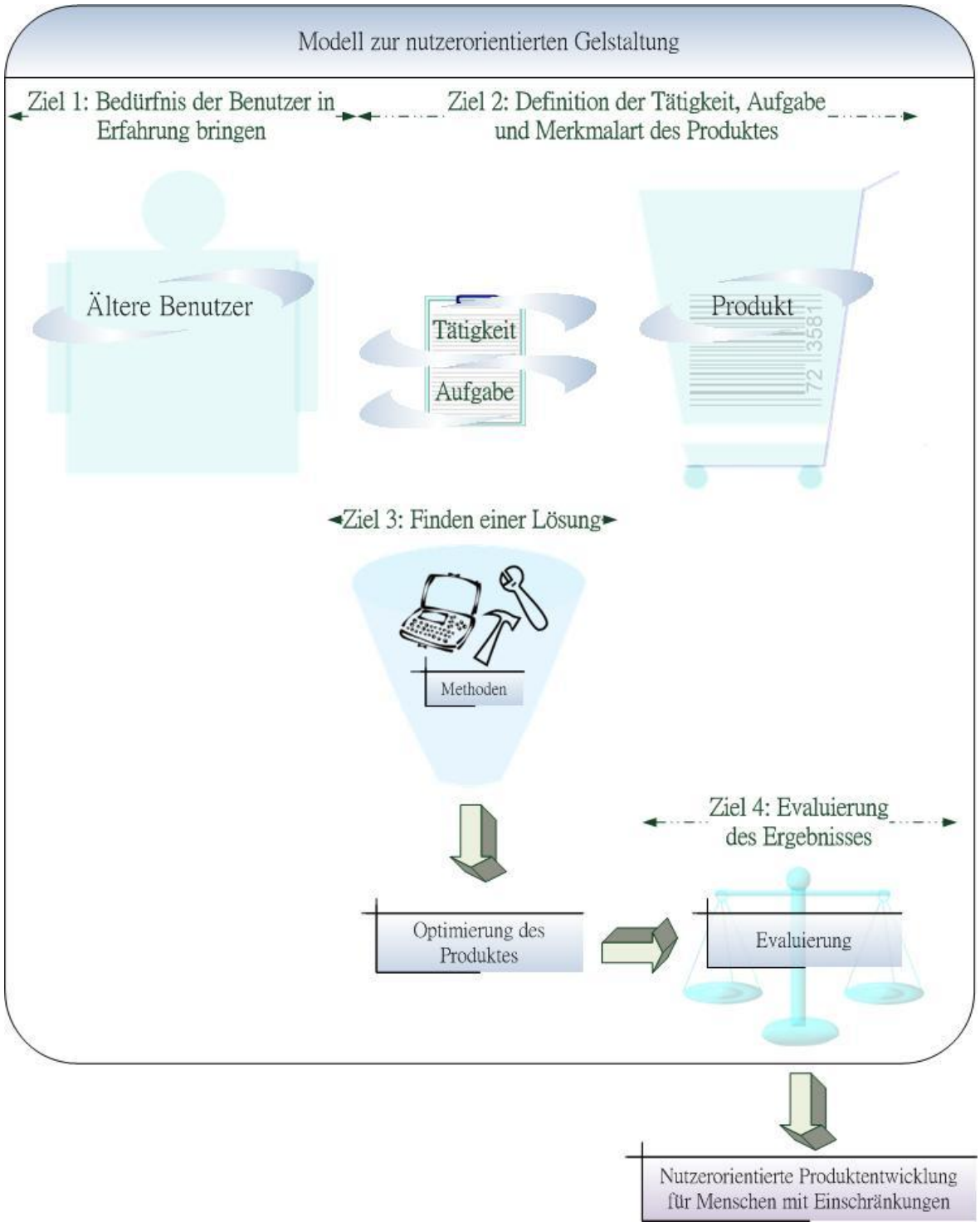



Abbildung 6: Ziele und Strukturierung der angestrebten Ergebnisse dieser Dissertation[49]

[49] Eigene Abbildung.

## A3.2 Definition der Zielgruppe

Die Zielsetzung dieser Arbeit kann einen Beitrag für fünf Zielgruppen leisten. Die Gruppen, die von dem Ergebnis profitieren, sind: Benutzer, Produktgestalter/Entwickler, Rehabilitation/Geriatrie, Pflegedienst und Architekt/Bauplaner.

### *A3.2.1 Aspekte der Benutzer*

#### *Psychische Aspekte*

Alte Menschen fühlen sich oft unsicher und brauchen eine Umgebung, in der sie optimale Bedingungen für ihr psychisches Wohlbefinden vorfinden. Gerade die Produktgestaltung kann hier einen wichtigen Beitrag leisten. Viele Senioren sind körperlich eingeschränkt und daher ängstlich (Kompetenzverlust). Gewohnte Tätigkeiten werden zur Herausforderung, was zu Frustration führen und das Selbstwertgefühl der Betroffenen beeinträchtigen kann. Die Produktgestaltung kann Bedingungen dafür schaffen, dass Senioren im Alltag wieder mehr Selbstständigkeit genießen können.

#### *Physische und mentale Aspekte*

Gute Produktgestaltung muss die verfügbaren physischen und mentalen Fähigkeiten des alternden Menschen berücksichtigen, um ihm das Gefühl zu geben, auch schwierige Aufgaben problemlos bewältigen zu können; insbesondere müssen mögliche Unfallrisiken weitgehend ausgeschlossen werden.

### *A3.2.2 Aspekte der Produktgestalter/Entwickler*

Im Allgemeinen ist die Produktgestaltung sehr kundenorientiert. Allerdings gibt es gerade im Bereich Produktgestaltung für den alternden Menschen Herausforderungen, insbesondere bei altersbedingten Einschränkungen. Oft fehlen detaillierte Beschreibungen von Arbeitsbedingungen, Tagesabläufen, Verhaltensmustern und von körperlichen Einschränkungen etc.

Die Besonderheit der vorliegenden Arbeit liegt darin, dass ich zuerst eine detaillierte Sammlung und Beschreibung der wichtigsten und häufigsten alters- und krankheitsbedingten Einschränkungen zusammenstellen werde, um dann für diese Zielgruppen ein Modell zur nutzerorientierten Gestaltung von Produkten und Systemen zu erarbeiten.

### *A3.2.3 Aspekte der Rehabilitation/Geriatrie*

Das Ergebnis dieser Arbeit liefert ein Modell, das Produktgestaltern beim Entwicklungsprozess der Produkte/Geräte helfen kann und mit dem Fachleute aus dem Bereich der Rehabilitation oder Geriatrie Betroffene in der Praxis beraten können. Je nach den psychischen und physischen Einschränkungen der Betroffenen kann das Modell Lösungsvorschläge für das entsprechende Produkt bzw. Hilfsmittel liefern. Ein nach den Anforderungen der Betroffenen gestaltetes Produkt kann so tägliche Arbeiten erleichtern.

### *A3.2.4 Aspekte der Pflegedienst/Angehörige*

In der Pflege arbeiten überwiegend weibliche Beschäftigte,[50] die über weniger Muskelkraft als Männer verfügen[51]. Dies gilt auch für die professionelle und informelle Pflege. Professionelle Pflege wird von speziell ausgebildeten Pflegefachkräften durchgeführt, während die informelle Pflege von Angehörigen geleistet wird.[52] Von beiden Gruppen wird ein hohes Maß an Körperkraft verlangt, dabei könnten Hilfsmittel eingesetzt werden, mit denen die Arbeit wesentlich erleichtert werden könnte. Gäbe es ein passendes Hilfsmittel, das die Angehörigen entlasten würde, könnte der Mangel an professionellen Pflegekräften und die fehlende Körperkraft durch dieses Produkt ausgeglichen werden.

### *A3.2.5 Aspekte der Architekt/Bauplaner*

Ein erforderlicher Umbau im Haus der Betroffenen ergibt sich aus den durch das Altern verursachten Einschränkungen, d. h., die Wohnumgebung muss dem Zustand der noch verbliebenen Fähigkeiten angepasst werden. Wenn z. B. eine spezielle Armatur nachgerüstet werden muss, muss der Innenarchitekt sich erkundigen, ob die Struktur des Hauses den Umbau erlaubt. Danach kann der Handwerker die Wohnung entsprechend anpassen.[53]

Wenn der Architekt zu Beginn der Konzeption eines Hauses nicht die Möglichkeiten der altersgerechten Wohnanpassung berücksichtigt, werden nachfolgende Schritte wie der Umbau durch den Innenarchitekten und die Umsetzung durch den Handwerker nur unter Schwierigkeiten ausgeführt werden können. Aus diesem Grund benötigt der Architekt Informationen, ob ein altersgerechter Umbau möglich ist. Wenn diese Informationen bei der Gestaltung beachtet werden, kann eine Wohnung oder ein Haus flexibel umgebaut werden.

[50] Vgl. Hackmann, Tobias (2010), S. 4.
[51] Vgl. Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 91.
[52] Vgl. Hackmann, Tobias (2008), S. 2.
[53] Vgl. Burk, Peter (2009), S. 102.

## Zusammenfassung von Teil A

Zahlreiche Länder sind konfrontiert mit Problemen, die der demografische Wandel mit sich bringt; dazu gehören die Verschlechterung des Gesundheitszustandes der Menschen und die daraus resultierenden erhöhten Sozialkosten. Um diese Probleme möglichst effizient zu lösen, aber auch damit Senioren im Alltag wieder mehr Selbstständigkeit genießen können, müssen Produkte für ältere Menschen nutzergerecht gestaltet werden.

Der Gesundheitszustand von Menschen der älteren Generation ist individuell unterschiedlich. Aus diesem Grund sollte die Gestaltung von Produkten für ältere Benutzer nicht ausschließlich von deren Alter abhängen, sondern von den realen Einschränkungen bzw. den durch die Einschränkungen verursachten besonderen Bedürfnissen. Es fehlt bisher ein ganzheitliches Modell, welches vorhandene Fähigkeiten bzw. Einschränkungen älterer Benutzer berücksichtigt und für den Produktgestaltungsprozess nutzbar macht.

Auf dieser Problemstellung basierend zielt die vorliegende Arbeit darauf ab, ein ganzheitliches Modell zur nutzerorientierten Produktgestaltung für ältere Menschen mit krankheitsbedingten Einschränkungen zu entwickeln. Dieses Modell soll hauptsächlich Produktentwicklern bei der Gestaltung technischer Produkte helfen und gleichzeitig für Betroffene der älteren Generation in allen Bereichen nützlich sein.

# B Methodisches Vorgehen

Inhalt und Aufbau von Teil B:

B1 Grundlagen des Modells (S. 22)

B1.1 Prozess des Kundenanforderungsmanagement (S. 22)

B1.2 Das EFQM Excellence Modell (S. 23)

B1.3 Verlauf der Produktentwicklung (S. 25)

B1.4 Konzept zur nutzerorientierten Gestaltung (S. 28)

B2 Konkretes methodisches Vorgehen (S. 37)

Zusammenfassung von Teil B (S.41)

In Teil B dieser Arbeit werden zunächst Konzepte in Bezug auf die nutzerorientierte Gestaltung beschrieben. Mithilfe dieser Konzepte werden Faktoren erzielt, auf die geachtet werden muss. Diese Faktoren bilden eine Konstruktion für die Lösungsfindung. Anhand dieser Faktoren wird anschließend das konkrete methodische Vorgehen erläutert.

## B1 Grundlagen des Modells

Im Folgenden werden einige Konzepte, die als ein Prinzip zur Findung der Kundenanforderung angesehen werden, ausführlich beschrieben. Bei der Produktentwicklung berücksichtigte Faktoren werden dann davon abgeleitet.

### B1.1 Prozess des Kundenanforderungsmanagements

Der von Jiao u. a.[54] entwickelte Prozess des Kundenanforderungsmanagements bearbeitet die Erhebung, Analyse und Spezifikation der Anforderungen. Das den Ansprüchen gerecht werdende Produktdesign leitet sich von der vollständigen Spezifikation der funktionalen Anforderungen ab, die im Entwicklungsprozess der Produktanforderungen gewonnen werden.

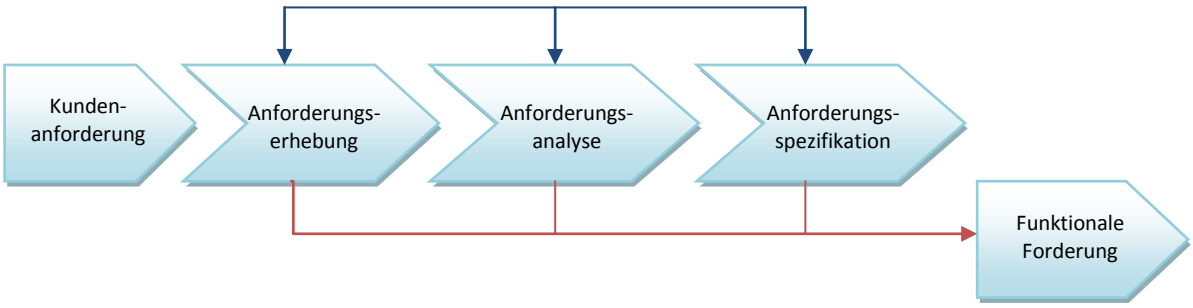



Abbildung 7: Prozess des Kundenanforderungsmanagements nach Jiao u. a.[55]

Um die Anforderungen zu erheben, orientiert sich diese Dissertation an dem von Jiao u. a. entwickelten Prozess des Kundenanforderungsmanagements (Abbildung 7). Der Prozess umfasst die Anforderungserhebung, -analyse und -spezifikation. Aus diesem Prozess können die funktionalen Anforderungen (functional requirements) an das Produkt aus Ingenieurssicht abgeleitet werden. Die drei Schritte verbinden sich miteinander zu einer Kette. Diese Kette beginnt mit der Kundenanforderung und wird nach den drei ober genannten Schritten mit konkreten Spezifikationen beendet. Das Ergebnis jedes Stadiums wird schrittweise den Entscheid der funktionalen Forderungen begünstigen (rote Linie unter den drei Schritten in Abbildung 7) und sich zur Aufgabe jedes Schrittes gleichzeitig gegenseitig ergänzen (blaue Linie über den drei Schritten in Abbildung 7). Tabelle 3 erklärt jeden Schritt und listet die zu erledigenden Aufgaben auf.

Dieser Prozess wurde aus der Anforderung des allgemeinen Kunden entwickelt und kann ebenfalls als eine Grundlage der nutzerorientierten Produktentwicklung betrachtet werden. Das in dieser Dissertation zu entwickelnde Modell zur nutzerorientierten Produktentwicklung für ältere Menschen basiert auf dem Prozess des Kundenanforderungsmanagements, um die Entwicklung dieses Modells zu verwirklichen.

[54] Vgl. Jiao, Jianxin (Roger) und Chen, Chun-Hsien (2006), S. 174.
[55] Eigene Abbildung in Anlehnung an Ebenda, S. 174.

| | Erläuterung | Aufgabe |
|---|---|---|
| Anforderungserhebung | Der systematische Extrakt der Anforderungen des Kunden durch verschiedene Weisen wie Fragebogen, Vorstellungsgespräch und Kundenbeschwerde; Verständnis der Besonderheit der Konkurrenz und Feststellung der Vorteile des eigenen Produktes | • Auflistung der Anforderungen des Kunden<br>• Marktanalysen |
| Anforderungsanalyse | Übersetzung der Kundenwünsche aus der Kundensprache in messbare Qualitätsmerkmale des Produktes bzw. in die Sprache des Ingenieurs | • Verständnis der Vorlieben des Kunden<br>• Klassifizierung der Anforderung des Kunden<br>• Priorisierung der Kundenwünsche |
| Anforderungsspezifikation | Bedürfnisse werden von den qualitativen Anforderungen ins quantitative Merkmal übersetzt.<br>Durch die Besprechung der Expertengruppe können die endgültigen und konkreten Produktspezifikationen beschlossen werden. | • Wörtliche Umsetzung der Anforderung<br>• Austausch und Verhandlung der Spezifikation<br>• konkrete Spezifikation aus dem Ingenieurwesen |

Tabelle 3: Erklärung und Aufgabe jedes Schritts im Prozess des Kundenanforderungsmanagement nach Jiao u. a.[56]

## B1.2 Das EFQM Excellence Modell

Das EFQM Excellence Modell wird von verschiedenen Bereichen eines Unternehmens wie dem Dienstleistungsbereich und der Herstellung als Grundlage zur Verwirklichung von TQM aufgefasst[57]. Das Modell bietet den Unternehmen nicht nur eine Theorie zum Aufbau eines Grundkonzepts der Excellence für die Organisation, sondern auch ein Kriterium zur Selbstbewertung[58]. Im Rahmen des Modells können Unternehmen durch den Prozess des Ablaufes den Zugang zur ständigen Verbesserung der Ergebnisse erreichen.

Die Struktur des Modells besteht aus den drei Säulen – Führung, Prozess und Ergebnis – und insgesamt neun Kriterien, die aus fünf Voraussetzungen (Befähiger) und vier Ergebniskriterien bestehen (Abbildung 8). Führung, Mitarbeiterinnen, Strategie, Partnerschaften/ Ressourcen und Prozesse gehören zum Einsatz eines Unternehmens, um die Ergebnisse zu erzielen. Im Rahmen der Ergebnisse erhält ein Unternehmen mitarbeiter-, kunden- und gesellschaftsbezogene Ergebnisse, dabei werden Schlüsselergebnisse erzielt.

[56] Vgl. Ebenda, S. 175f.
[57] Vgl. Nabitz, UDO u.a. (2000), S. 199.
[58] Vgl. Wongrassamee, S. u.a. (2003), S. 15.

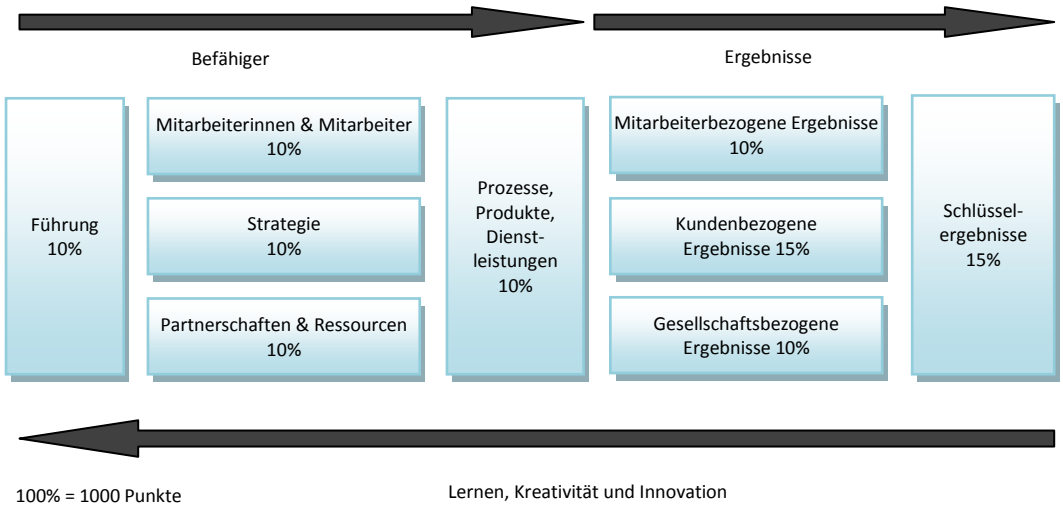



Abbildung 8: Das EFQM Excellence Modell nach EFQM[59]

Das EFQM-Excellence-Modell bietet eine Ansicht des ganzen Systems, dadurch werden Ziele der Organisation besser identifiziert und verstanden. Ebenfalls ist das EFQM-Excellence-Modell eine Methode, die den Rahmen eines Systems ohne konkrete Vorschrift veranschaulicht.[60] Dank dieser Besonderheit kann das Modell in verschiedenen Bereichen flexibel angewendet werden. Aus diesem Grund kann das Modell auf den Bereich der Produktentwicklung übertragen werden.

Die Befähiger-Kriterien spielen im Bereich der Auffassung der Kundenanforderung eine große Rolle. Durch den Einsatz können die folgenden Aufgaben sinnvoll ausgeführt und das Ziel der Organisation erreicht werden. Die Erklärung in Tabelle 4 verdeutlicht, wie die Befähiger-Kriterien des EFQM-Excellence-Modells in den Rahmen der nutzergerechten Produktentwicklung umgesetzt werden.

[59] Eigene Abbildung nach EFQM, http://www.efqm.org/en/Default.aspx
[60] Vgl. Herrmann, Joachim und Fritz, Holger (2011), S. 255.

| Befähiger | EFQM | Nutzergerechte Produktentwicklung |
|---|---|---|
| Führung | Führung ist die Fähigkeit, mit der die Vision oder das Ziel der Organisation erklärt und ständig verbessert wird. | Die Anforderung des Kunden ist wie eine Führung, die Betroffene im Bereich der Produktentwicklung auf den nutzergerechten Entwurf leitet. |
| Strategie | Mit dem Konzept des TQM und dem der ständigen Verbesserung führt die Organisation die Vision und Mission aus. | Bei der Ermittlung und Analyse der Anforderung des Kunden und der Ausprägung des Produktes muss sowohl auf die objektive als auch auf die subjektive Seite Rücksicht genommen werden, um die Vision und die Mission zu verwirklichen bzw. durchzuführen. |
| Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter | Die Organisation behandelt ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gut, dadurch können diese ihr Wissen zum Wohl der Organisation einsetzen. | Der Konstrukteur spielt eine große Rolle bei dem Entwurf. Es muss ebenfalls eine Expertengruppe beteiligt werden, die aus Experten der verschiedenen Fachbereiche besteht, z. B. der Mechanik, Chemie, Elektronik etc. |
| Partnerschaften und Ressourcen | Die Organisation nutzt externe Partnerschaften und eigene Ressourcen, um die Vision und Mission effizient zu verwirklichen bzw. durchzuführen. | Beim Beschluss können die Normen, ergonomische Körpermaße des Menschen und die Benutzerschnittstelle als Leitlinie zur Hilfe beim Entwurf angesehen werden. |
| Prozesse, Produkte und Dienstleistungen | Die Organisation gestaltet, managt und verbessert Prozesse, um die Zufriedenheit ihrer Kunden zu gewährleisten. | Die Expertengruppe wählt mit der Leitlinie unter vielen möglichen Kombinationen der Ausprägungen aus. Durch die Evaluierung der Kombinationen wird ein endgültiger Entwurf festgelegt. |

Tabelle 4: Durchführung der nutzergerechten Produktentwicklung in Anlehnung an das EFQM-Excellence-Modell [61]

## B1.3 Verlauf der Produktentwicklung

VDI-Richtlinien (VDI, Verein Deutscher Ingenieure) werden von Experten der Industrie und Wissenschaft erarbeitet und ständig aktualisiert, sie werden deshalb als allgemein anerkannte Regeln der Technik der Ingenieurwissenschaften zugrunde gelegt. Die Richtlinien fördern die Sicherheit, die vom Ausführer bei der Durchführung einer Aufgabe angewendet wird.

Die Produktentwicklung teilt sich in sieben Schritte (Abbildung 9), von denen jeder ein aufeinander aufbauendes Arbeitsergebnis liefert. Außerdem lassen sich von den sieben Schritten vier Phasen ableiten, mit denen der Ablauf des Entwurfes vereinfacht und besser verstanden werden kann. Der Inhalt der vier Phasen ist von der Komplexität des Produktes abhängig, deswegen gibt es keine bestimmte Abgrenzung unter den sieben Schritten.[62].

[61] Eigene Tabelle in Anlehnung an EFQM, http://www.efqm.org/en/Default.aspx
[62] Vgl. Naefe, Paul (2009), S. 36.

Die vier Phasen können gemäß dem Ziel einer Aufgabe von der Produktentwicklung definiert und gezeigt werden.

1. Klärung der Anforderungen: In dieser Phase werden die Funktionen des Produktes bestimmt und aufgelistet, einschließlich des organisatorischen Gerüsts, wie z. B. benötigte Zeit zur Anwendung, erwartete Funktion.
2. Ermitteln der Struktur und deren Lösung: Nach der Feststellung der konkreten Anforderung können die Funktionen, die die Anforderungen erfüllen, und mögliche Kompositionen sowie deren Kombinationen entstehen. Des Weiteren werden Konzepte mit der messbaren Spezifikation grob dargestellt und entworfen.
3. Gestalten der Module und des Produktes: Durch ständige Kombinationen der möglichen Ausprägung und die Bewertung des Ergebnisses kann ein Vorentwurf gemacht werden, danach kann das endgültige Produkt den Nutzern vorgestellt werden. Dieser Vorgang wird mehrmals durchgeführt, um ein optimales Produkt zu erzeugen.
4. Ausarbeitung der Gebrauchsanweisungen: Dem endgültigen Produkt müssen noch zusätzliche Informationen zur Nutzung hinzugefügt werden, wie z. B. Leistungsdaten, Sicherheitshinweise und Betriebsanleitungen.

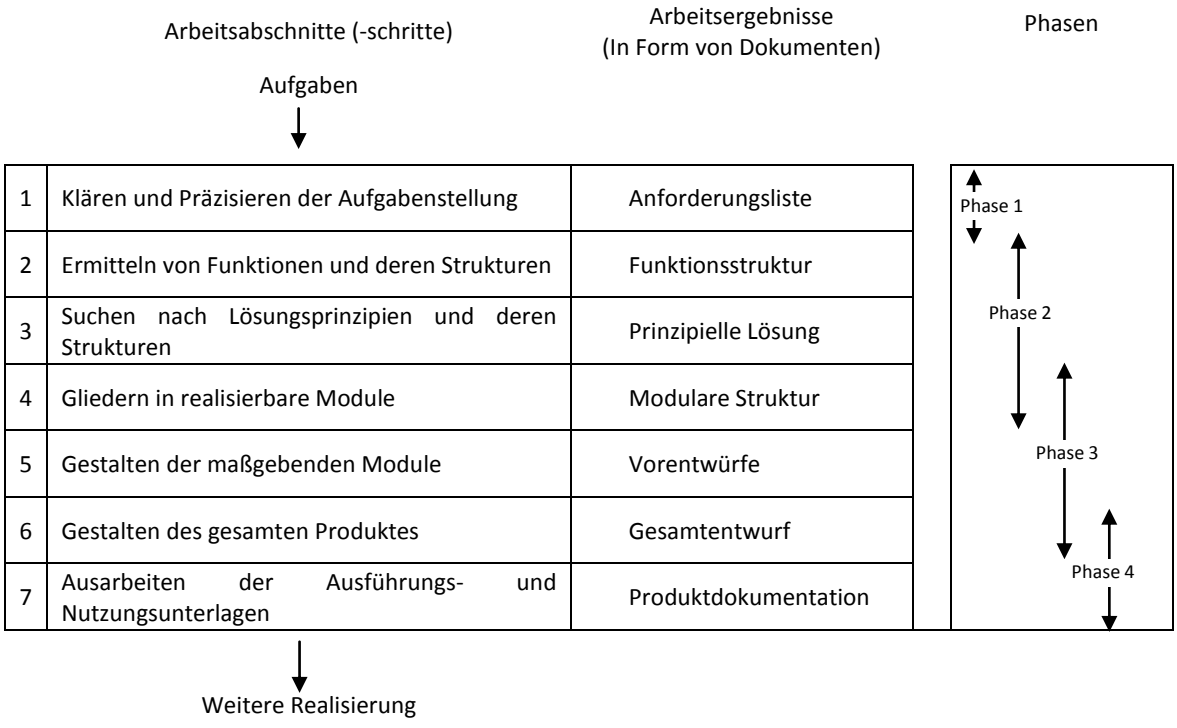



Abbildung 9: Generelles Vorgehen beim Entwerfen und Konstruieren nach VDI-Richtlinien 2111[63]

[63] Vgl. Naefe, Paul (2009), S. 36.

Blessing und Reinicke[64] integrieren das generelle Vorgehen beim Entwerfen und Konstruieren mit der praktischen Umsetzung der Entwicklung seniorengerechter Produkte, dadurch können bei der Produktentwicklung für ältere Menschen Ansatzpunkte zur Nutzerintegration wie ein Leitfaden erarbeitet werden. Die Erklärung zu den Ansatzpunkten ist in Tabelle 5 aufgezeigt.

| Ansatzpunkt | Benennung |
|---|---|
| 1 | Aufgabenbereich auswählen (Seniorenbefragung oder Sekundärquellen) |
| 2 | Produktideen den Senioren vorstellen und auswählen |
| 3 | Aufbereitete Produktidee erneut Senioren vorstellen und Anforderungen ermitteln |
| 4 | Konzeptvarianten als Modell Senioren vorstellen und bewerten |
| 5 | Entwickelte Konzepte den Senioren erneut, z. B. anhand eines Funktionsmodells, vorstellen |
| 6 | Prototyp den Senioren vorstellen und testen |
| 7 | Vor der Vermarktung weitere Seniorenbefragung (zu Marketing/Vertrieb) |

Tabelle 5: Übersicht der Ansatzpunkte zur altengerechten Produktentwicklung nach Blessing & Reinicke

[64] Vgl. Reinicke, Tarama u.a. (2006), S. 193.

## B1.4 Konzept zur nutzerorientierten Gestaltung

Das Konzept der Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS oder HCI, Human-Computer Interaction) wurde darauf fokussiert, ein Verfahren zur besseren Anwendung zu entwickeln. Diese Schnittstelle wird ebenfalls häufig mit der benutzerorientierten Gestaltung in Zusammenhang gebracht. Norman stellte das Ergebnis seiner Forschung 1986 in dem Buch *„User-Centred System Design (UCD): New Perspectives on Human-Computer Interaction“* vor.[65] Seitdem wird das Konzept des UCDs im Bereich des Designs eingeführt und angewandt. In der DIN EN ISO 13407 wird ebenfalls die Vorgehensweise bei der benutzerzentrierten Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen festgelegt, um die Anforderungen des Benutzers zu ermitteln.

Das Verständnis der Kundenanforderungen gilt als eine der Schlüsselrollen beim Prozess der Produktentwicklung. Um die Kundenanforderungen zu verstehen, müssen die psychophysiologischen Mechanismen, die bei der Informationsverarbeitung ablaufen, vor der Gestaltung vollständig verstanden werden,[66] und die Kunden müssen am Gestaltungsprozess beteiligt werden. Deshalb wurden diese in jeden Schritt des Entwicklungsprozesses gemäß dem Prinzip des teilnehmenden Designs (participatory design) integriert. Indem man den Benutzern während des Entwicklungsprozesses Innovationen und neue Ideen vorstellt, minimiert man die Differenz zwischen Entwicklern und Benutzern.[67] Bei diesem Prozess sollen Benutzerrückmeldungen zu Innovationen führen. Gleichzeitig kann auch ein effektiver Informationsaustausch zwischen beiden erfolgen.[68]

Gould und Lewis[69] haben ein theoretisches Prinzip des Entwurfes vom System aufgestellt und drei Prinzipien zum Entwurf der Gebrauchstauglichkeit vorgeschlagen. Diese sind: 1. Benutzer und Tätigkeiten von Anfang an in den Mittelpunkt stellen, 2. Empirische Abmessung und 3. Iteratives Design. Diese drei Prinzipien definieren zunächst die Eigenschaften der Benutzer und Tätigkeiten, daraufhin kann ein Musterexemplar erzeugt werden. Dieses vorläufige Produkt wird dann dem Benutzer vorgestellt. Nach dem Benutzer-Test werden ungeeignete Eigenschaften des Entwurfs wieder modifiziert. Dieser Zyklus des Prozesses — Test, Abmessung und Umgestaltung — wird so oft wie nötig wiederholt. Das Rahmenwerk dieses Prinzips stimmt mit den vier benutzerorientierten Gestaltungsaktivitäten der DIN überein.

Die Planung des benutzerorientierten Gestaltungsprozesses innerhalb der Normen, die vom Deutschen Institut für Normung (DIN) erarbeitet wurden, hat festgelegt, dass vier benutzerorientierte Gestaltungsaktivitäten während der Entwicklung auszuführen sind. Die vier Aktivitäten zur Gestaltung sind in Abbildung 10 zu sehen. Wenn der Prozess der benutzerorientierten Gestaltung notwendig ist, sollte dieser wiederholt durchlaufen werden, bis die Anforderungen an die Funktion des Produktes erfüllt werden.

[65] Vgl. Norman (1986): zitieren nach Haklay, Mordechai (Muki) (2010), S. 96.
[66] Vgl. Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 970.
[67] Vgl. Haklay, Mordechai (Muki) (2010), S. 104.
[68] Vgl. Deutsches Institut für Normung (2000), S. 5.
[69] Vgl. Gould, John D. und Lewis, Clayton (1985), S. 300.

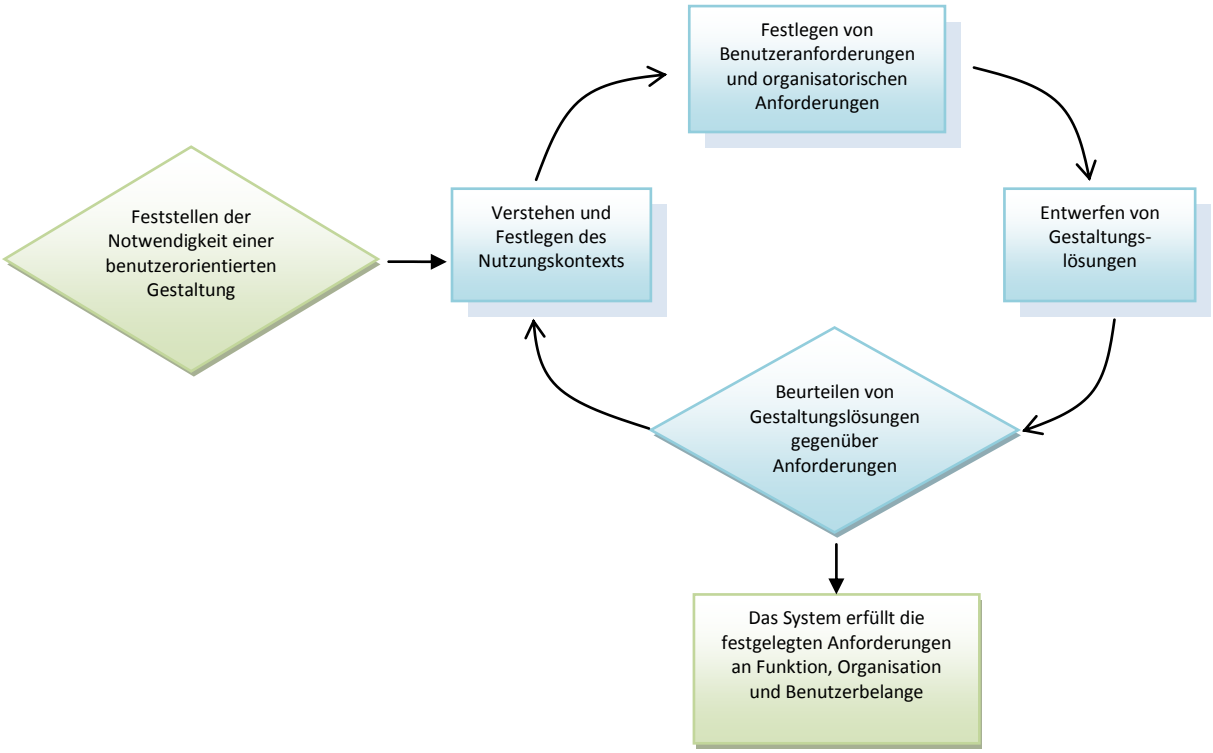



Abbildung 10: Benutzerorientierte Gestaltungsaktivitäten gemäß EN ISO 13407[70]

Andere Prinzipen in Bezug auf die benutzerorientierte Gestaltung wurden ebenfalls im Laufe der Zeit ständig erneuert und hervorgehoben. So zeigten z. B. Shneiderman u.a. 1987 in ihrem Buch „Designing the User Interface“ erstmals acht goldene Regeln zum Verständnis des UCDs.[71] 1990 stellte Norman dann in seinem Buch „The Design of Everyday Things“ sieben Regeln zur Produktgestaltung auf. [72] Die von Shneiderman und Norman aufgestellten Prinzipien haben einige Gemeinsamkeiten, z. B. soll bei beiden das Kurzzeitgedächtnis der Menschen nicht überfordert werden. Das Produkt soll die Tätigkeit vereinfachen und mögliche Fehler vermeiden oder diesen vorgreifen. Die von Shneiderman und Norman aufgestellten Prinzipien sind in Abbildung 11 dargestellt.

[70] Eigene Abbildung in Anlehnung an DIN EN ISO 13407 (Benutzerorientierte Gestaltung interaktiver Systeme), S. 6.
[71] Vgl. Shneiderman, Ben und Plaisant, Catherine (2005), S. 74.
[72] Vgl. Norman, Donald A. (1990), S. 188.

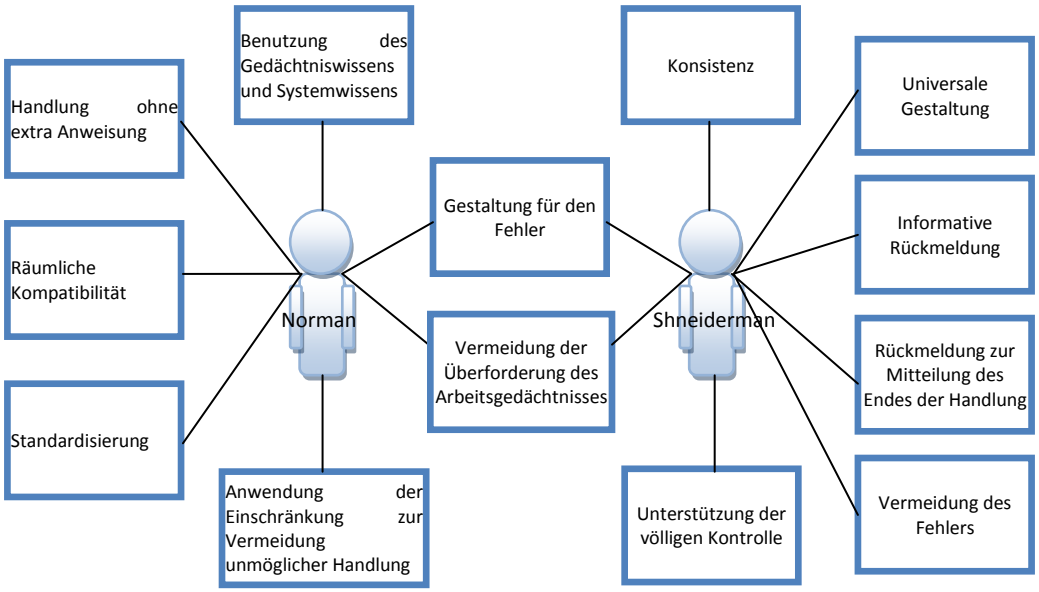



Abbildung 11: Prinzipien zur Gestaltung gemäß Shneiderman und Norman[73].

Wenn man die oben genannten Thesen — benutzerorientierte Gestaltungsaktivitäten und Prinzipien zur Gestaltung — darstellen möchte, kann man das Bild eines Trichters verwenden, der oben weit geöffnet ist und nach unter hin schmal zuläuft. Gemäß der EN ISO 13407 können die sich wiederholenden Gestaltungsaktivitäten als der obere Teil des Trichters angesehen werden. Wenn das Rahmenwerk zur benutzerorientierten Gestaltung feststeht, können detaillierte Prinzipien zur Gestaltung weitergehend eingeführt werden, um die weitere Gestaltung auf den Einzelnen zu fokussieren. Diese hinzugefügten Prinzipien, die den unteren Teil des Trichters darstellen, helfen besonders im dritten Stadium der Gestaltungsaktivitäten — der Gestaltungslösungen —, um alle endgültigen Ausprägungen des Produktes festzulegen und zu definieren, durch die ein benutzerorientiertes Produkt verwirklicht werden kann.

[73] Eigene Abbildung in Anlehnung an Shneiderman, Ben u.a. (2009), S. 79. und Norman, Donald A. (1990), S. 188f.

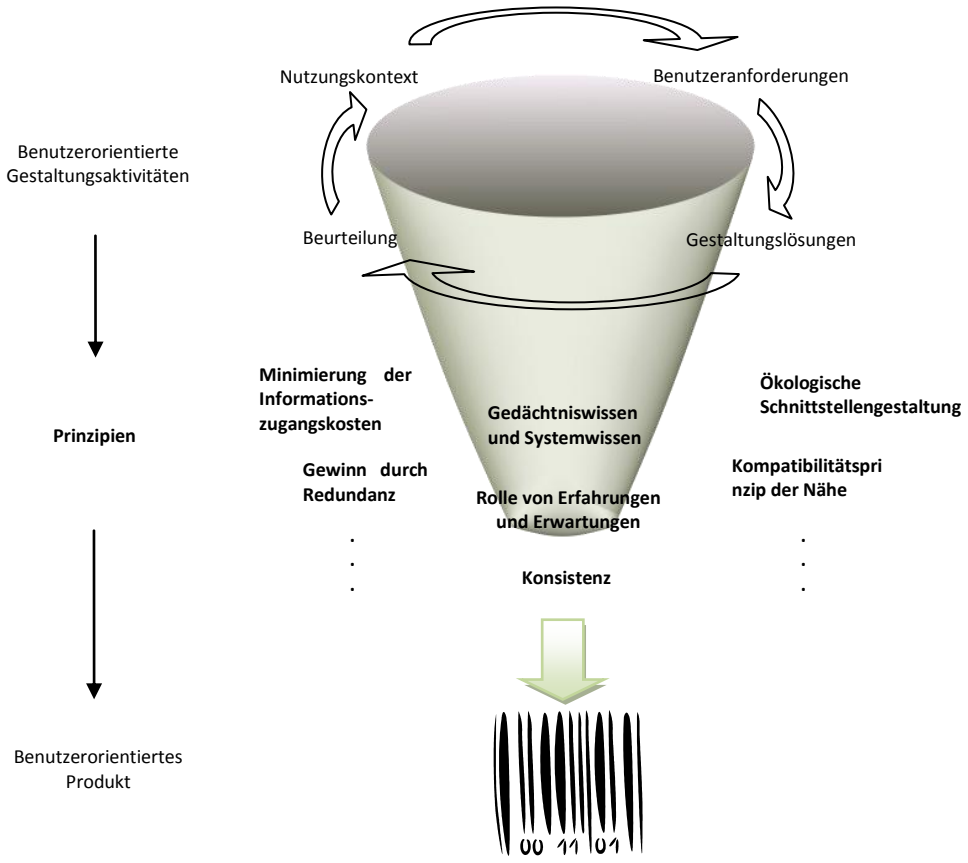



Abbildung 12: Trichter-Prinzip zum benutzerorientierten Produkt in Anlehnung an Gould und Lewis, EN ISO 13407, Shneiderman und Norman [74]

Bei der Erledigung einer Tätigkeit handelt es sich nicht nur um den Zustand des Benutzers, sondern auch die Umgebung, in der sich Benutzer bewegen, soll berücksichtigt werden. Diese werden als der Nutzungskontext betrachtet. Rashid u. a. behaupten in ihrer Forschung,[75] dass der Gesundheitszustand wie Körperstärke, Wahrnehmungsfähigkeit, Leistungsfähigkeit und Einschränkung zuallererst bei der Produktentwicklung für spätere Benutzer in Betracht gezogen wird. Darauf folgend sollen Körpermaße ebenfalls berücksichtigt werden, die dem gemäß weiter in zwei Gruppen aufgeteilt werden: räumliche Begrenzungsmaße und Funktionsmaße des menschlichen Körpers.[76] Die räumlichen Begrenzungsmaße beziehen sich auf den statischen Zustand des Menschen, z. B. Skelett- und Umrissmaße. Dagegen gehören Funktionsmaße des menschlichen Körpers zum dynamischen Zustand des Menschen, der bei der Erledigung der Tätigkeit besonders wichtig ist, z. B. Bewegungsbereiche, Reichweiten und Sichtmaße.

[74] Eigene Abbildung in Anlehnung an Gould, John D. und Lewis, Clayton (1985), S. 300., DIN EN ISO 13407 (Benutzerorientierte Gestaltung interaktiver Systeme), S. 6, Shneiderman, Ben und Plaisant, Catherine (2005), S. 74f. und Norman, Donald A. (1990), S. 188f.
[75] Vgl. Rashid, SHSA u.a. (2008), S. 82.
[76] Vgl. Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 1029.

Gemäß den gesammelten Konzepten zur vielfältigen Produktgestaltung können diese in konzentrischen Kreisen schichtweise angeordnet werden (Abbildung 13). Der Titel jedes Konzepts steht im oberen Teil des Kreises, daneben stehen inhaltliche Prinzipen des jeweiligen Konzepts. Ähnliche Prinzipien des jeweiligen Konzepts werden einer Sorte mit der gleichen Farbe zugeordnet. Nach der Sortierung können sich dadurch mehrere notwendige Faktoren für das in dieser Dissertation entwickelte Modell ergeben. Die Faktoren werden in der innersten Schicht des Kreises dargestellt. Gemäß diesen Faktoren können einzelne entsprechende Methoden in ein Modell integriert werden. Die sich aus der Sortierung ergebenden Faktoren werden in Abbildung 14 dargestellt. Diese werden in Teil C dieser Dissertation als Grundlage betrachtet, um entsprechende Methoden zu finden und ein Modell aufzubauen.

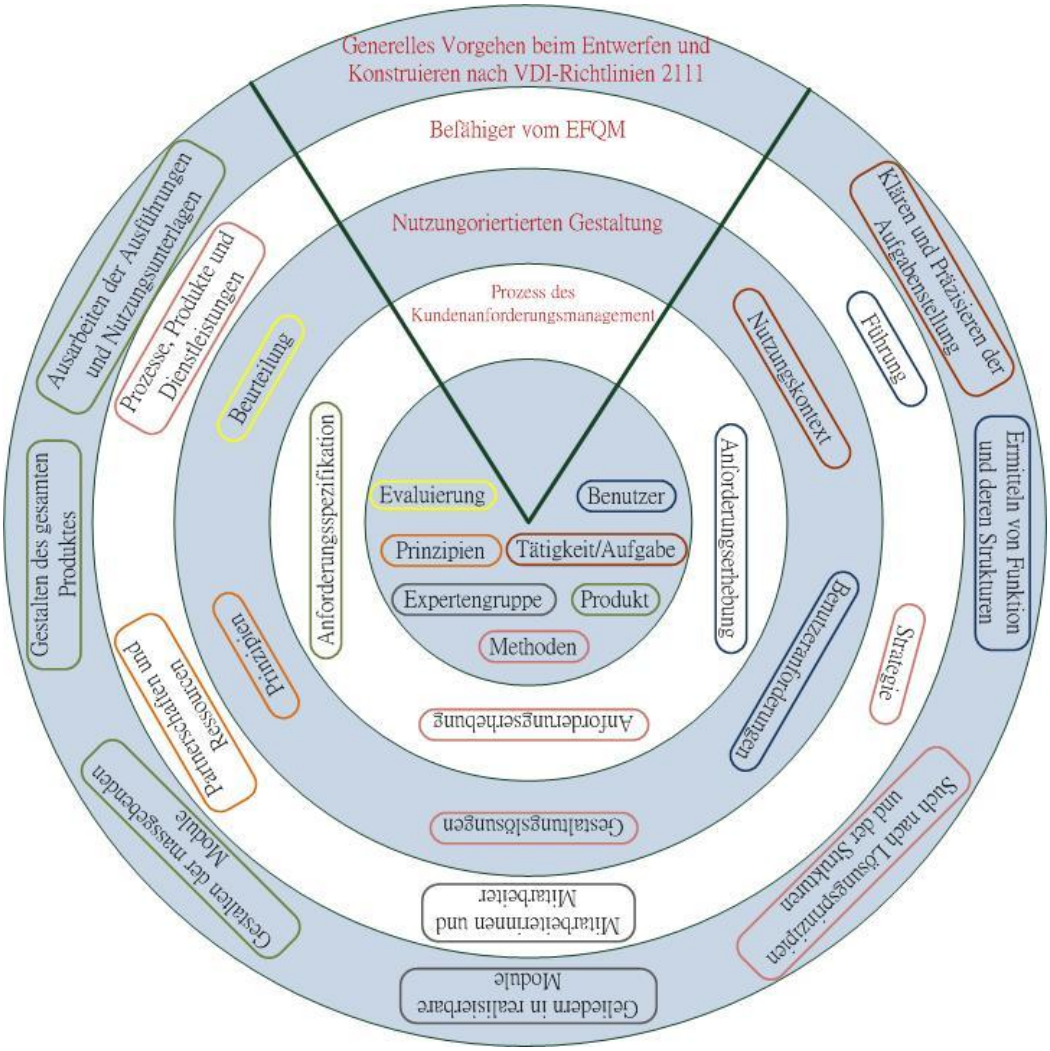



Abbildung 13: Die Integration aller gesammelten Konzepte zur Produktgestaltung[77]

[77] Eigene Abbildung in Anlehnung an Jiao, Jianxin (Roger) und Chen, Chun-Hsien (2006), S. 174., EFQM, http://www.efqm.org/en/Default.aspx, Naefe, Paul (2009), S. 36. und DIN EN ISO 13407 (Benutzerorientierte Gestaltung interaktiver Systeme), S. 6.

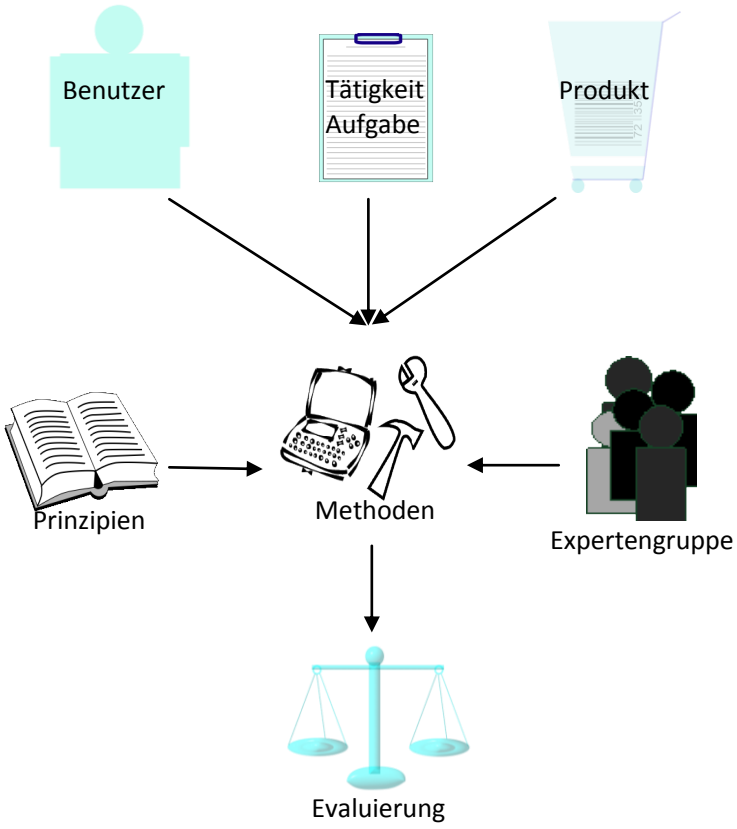



Abbildung 14: Die während der Entwicklung des Modells zu berücksichtigenden Faktoren

Sowohl bei der Erforschung des benutzerorientierten Produktentwicklungsprozesses als auch bei der Mensch-Maschine-Schnittstelle wurde über die Wichtigkeit des Zusammenhangs zwischen Benutzer, Produkt und Tätigkeit diskutiert. Gemäß der Definition in der DIN EN 60447 wird die Mensch-Maschine-Schnittstelle als ein Kommunikationsmittel zwischen Bedienungsperson und Gerät gesehen.[78] Um ein benutzerorientiertes Produkt zu entwickeln, müssen die Eigenschaften der beiden im Detail festgestellt werden, dadurch gestalten Entwickler ein passendes Produkt mit den entsprechenden Anforderungen des Benutzers. Bei dem benutzerorientierten Gestaltungsprozess handelt es sich nicht nur um die Fähigkeit der Benutzer, sondern auch um die auszuführenden Tätigkeiten sowie die Arbeitsumgebung.[79] Diese drei Faktoren – Benutzer, Tätigkeiten und Arbeitsumgebung – wurden ebenfalls in der EN ISO 13407 diskutiert und dem Nutzungskontext zugeordnet. Dabei spielt die Gebrauchstauglichkeit eine große Rolle zwischen Aufgabe und Produkt. Die Gebrauchstauglichkeit ist ein entscheidender Faktor, um das Ziel der Aufgabe mit dem Produkt effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen.[80] Der Zusammenhang bildet daher ein Dreieck (Abbildung 15).

[78] Vgl. DIN EN 60447 (Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle, Kennzeichnung - Bedienungsgrundsätze), S.7.
[79] Vgl. EN ISO 13407 (Benutzerorientierte Gestaltung interaktiver Systeme), S.5.
[80] Vgl. EN ISO 9241-11 (Ergonomische Anforderung für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 11: Anforderung an die Gebrauchstauglichkeit -Leitsätze), S.4.

Diese Konzepte betonen erneut die Wichtigkeit der Erkenntnis zu diesen festgelegten Faktoren. Die Aufklärung zu forschenden Schwerpunkten aller Faktoren wird in den folgenden Abschnitten gezeigt.

1. ***Benutzer:***

- Mögliche Einschränkungen der Zielgruppe aufgrund von Krankheiten und des Alterns
- Verfügbare Fähigkeiten

2. ***Tätigkeit/Aufgabe:***

- Zerlegungsanalyse der Tätigkeit
- Analyse entsprechender Fähigkeiten zur Erledigung der Tätigkeit
- Arbeitsumgebung der Tätigkeit
- Auflistung aller Aufgaben zur Erfüllung der Tätigkeit
- Definition der Funktionen eines Produktes

3. ***Produkt:***

- Parameter und Merkmale eines Produktes
- Optimale Merkmale der Merkmalart order erneut entwickelte Merkmalart

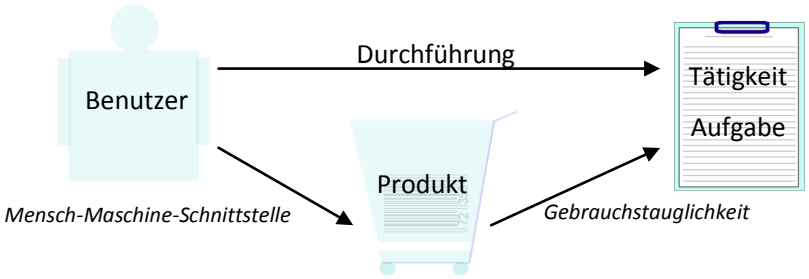



Abbildung 15: Zusammenhang zwischen Benutzer, Aufgaben und Produkt[81]

Das von dem Arbeitssystem weiter erweiterte Belastungs-Beanspruchungs-Konzept[82] stellt ebenfalls Ein- und Rückwirkungen in einem Arbeitssystem zwischen Objekt und Mensch dar. Das Konzept erklärt, dass Eigenschaften der Menschen auf die Objektseite des Arbeitssystems durch Arbeitsmethoden beeinflusst werden, danach erhält die Menschseite des Arbeitssystems eine Rückwirkung von den Arbeitsbedingungen. Der Zusammenhang zwischen der Menschseite und der Objektseite hebt die Bedeutsamkeit wieder hervor und ist aus Abbildung 16 zu ersehen.

[81] Eigene Abbildung in Anlehnung an DIN EN 60447 und EN ISO 13407
[82] Vgl. Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 43.

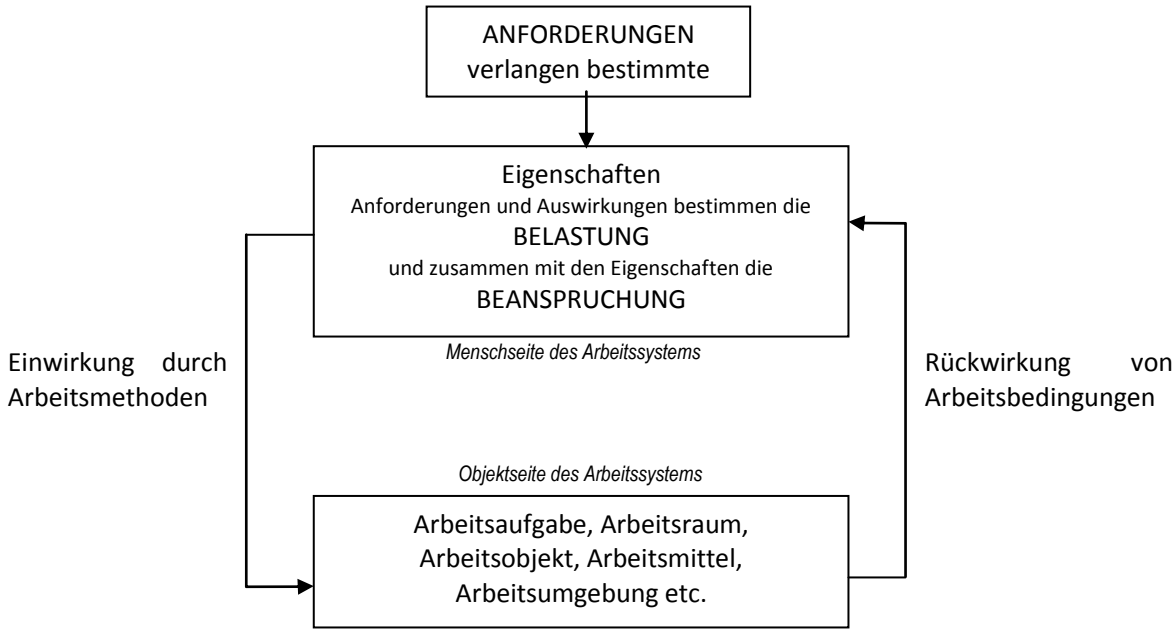



Abbildung 16: Ein- und Rückwirkungen im Arbeitssystem nach Schlick u. a.[83]

Restliche Faktoren, die in der Integration aller gesammelten Konzepte zur Produktgestaltung feststehen[84], werden ebenfalls in das entwickelte Modell integriert.

***4. Expertengruppe:***

Ein erneut entwickeltes Produkt kann nicht nur vom Produktentwickler abhängig sein, sondern es sollte ein interdisziplinäres Team am Entwicklungsprozess teilnehmen. Gemäß der Empfehlung von Phal u. a. kann ein kleines Team gebildet werden, das Fachleute aus den benachbarten Disziplinen wie Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Marketing sowie Vertrieb einschließt.[85].

***5. Prinzip:***

Die Prinzipen, die bei der Produktentwicklung für den Entscheid objektiv gesehen hilfreich sind, umfassen Kriterien aus umfangreichen Bereichen, wie Prinzipien zur Produktentwicklung von VDI-Richtlinien, benutzerorientierter Gestaltungsprozess der DIN-Normen,[86] acht goldene Regeln zur Gestaltung der Benutzerschnittstelle von Shneiderman,[87] sieben Regeln zur Produktgestaltung von Norman, [88] Leitlinie mit Hauptmerkmalslisten von Pahl u. a., [89] ergonomische Grundlagen zu Gestaltungsgrundsätzen der DIN-Normen usw. [90]

[83] Vgl. Ebenda, S. 43.
[84] Vgl. Kapital B1.4, S. 28.
[85] Vgl. Pahl, Gerhard u.a. (2007), S. 207.
[86] Vgl. EN ISO 13407 Benutzerorientierte Gestaltung interaktiver Systeme 2000, S.5.
[87] Vgl. Shneiderman, Ben u.a. (2009), S. 79.
[88] Vgl. Norman, Donald A. (1990), S. 188f.
[89] Vgl. Pahl, Gerhard u.a. (2007), S. 220.
[90] Vgl. EN ISO 10075-2 Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung Teil 2: Gestaltungsgrundsätze (2000), S.3.

***6. Methoden:***

Die drei grundlegenden Faktoren zur Ausführung einer Tätigkeit – Benutzer, Produkt und Aufgabe – sind bereits festgelegt. Danach müssen einige entsprechende Methoden, die sich auf diese Faktoren fokussieren und den Zustand jedes Faktors tatsächlich reflektieren, in ein Modell eingeschlossen werden. Neben der Hilfe der Expertengruppe und den Prinzipien können Vorgänge zur Entscheidung einer optimalen Gestaltung effizient erleichtert werden.

***7. Evaluierung:***

Nach seinem Aufbau sollte dieses Modell durch einen vorgestellten Fall bewertet werden. Die Bewertung wird in Teil E durchgeführt. Eine vielseitige Bewertung kann sowohl die Effektivität des Modells als auch das Ergebnis des erneuerten Produktes evaluieren.

## B2 Konkretes methodisches Vorgehen

Um ein Modell zur nutzergerechten Produktentwicklung möglichst zielgerecht zu entwickeln, wird das Vorgehensmodell zur Problemlösung – Systems-Engineering – in dieser Arbeit angewandt. Nach dem von Haberfellner u. a. beschriebenen Vorgehensmodell handelt sich es um drei Entwicklungsschritte: 1. Zielsuche (Situationsanalyse und Zielformulierung), 2. Lösungssynthese und -analyse und 3. Lösungsbewertung.[91] Im Folgenden wird die Erklärung des methodischen Vorgehens durch diese Entwicklungsschritte ausführlich vorgestellt.

Wie in Abbildung 14 ersichtlich, werden die in das Modell einzuführenden sechs Faktoren und entsprechenden Methoden in Teil C als eine Grundlage des Vorgehens angesehen, um ein komplettes Modell in Teil D aufzubauen. Der Aufbauprozess des Modells wird in den folgenden Kapiteln unterteilt und ausgeführt.

[91] Vgl. Haberfellner, Reinhard und Daenzer, Walter F. (1994), S. 110.

## Teil C) Situationsanalyse und Zielformulierung

Der Zweck der Situationsanalyse des Systems-Engineerings besteht in vier verschiedenen Betrachtungsweisen: einer systemorientierten, ursachenorientierten, zukunftsorientierten und lösungsorientierten Betrachtungsweise.[92] Bei der systemorientierten Betrachtungsweise werden der Benutzer und der Nutzungskontext grundlegend abgegrenzt. Daher kann man unbefriedigende Ursachen in der zweiten Betrachtungsweise feststellen. Von dem Systemzustand und den Ursachen ausgehend, sollten Methoden zur Problemlösung und die folgende Entwicklung des Modells durch Analysen erfolgen.

Gemäß den Faktoren und den geplanten Zielen kann das Vorgehen zum Aufbau eines Modells genauer konkretisiert werden. Abbildung 17 stellt die drei Phasen dieses Vorhabens dar. Die erste Phase des Vorgehens zielt darauf, alle Eigenschaften der Faktoren in Bezug auf die Erledigung einer Aufgabe zu definieren. Danach werden diese ermittelten Angaben in die analysierende Phase eingeführt, um eine Lösung zu finden. Am Ende muss das Ergebnis durch den Bewertungsprozess sowohl das Modell als auch die Lösung evaluieren.

[92] Vgl. Ebenda, S. 112.

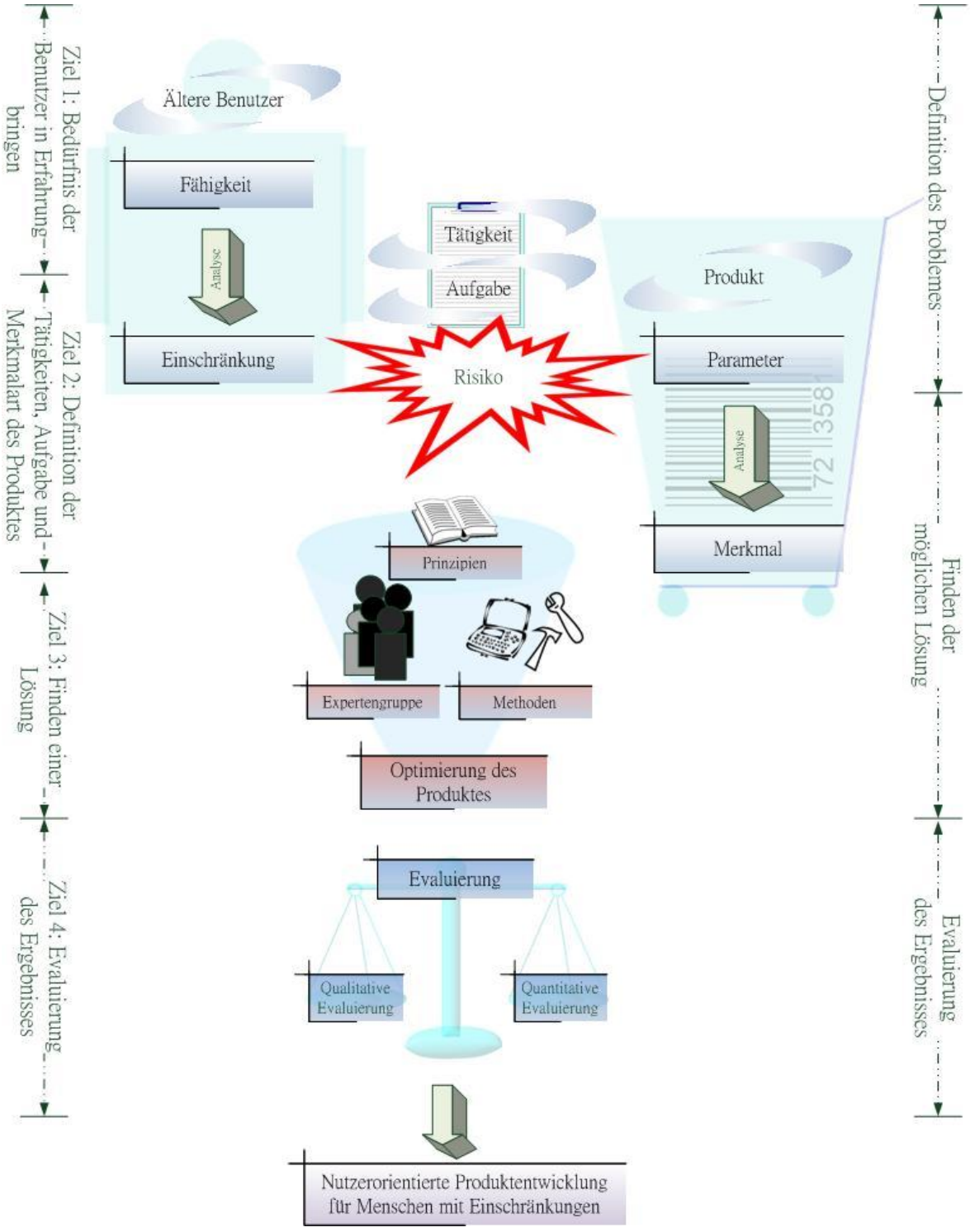



Abbildung 17: Vorgehen zur Modellentwicklung und -evaluierung[93]

[93] Eigene Abbildung.

## Teil D) Modellaufbau

Der Zweck der Lösungssynthese und -analyse des Systems-Engineerings ist die Entwicklung von Lösungsvarianten,[94] wobei der Aufbau eines Modells als eine Lösung gilt. Durch die Konzept- bzw. Lösungssynthese kann das Rahmenwerk eines Modells allmählich abgebildet werden.

Nach dem Sammeln aller Konzepte in Bezug auf die nutzergerechte Gestaltung sind alle zu betrachtenden Faktoren festgelegt worden, danach werden die entsprechenden Methoden zu allen grundlegenden Faktoren (Benutzer, Produkt und Aufgabe) bestimmt (Abbildung 18). Dadurch können alle Aspekte von benutzerorientierten Produkten in ein Modell integriert werden. Die Faktoren berücksichtigenden Methoden können in Teil C bestimmt werden. Ein Modell zur nutzergerechten Gestaltung kann folglich mit den Methoden aus Teil D entwickelt werden, um geplante Ziele zu erreichen und Ergebnisse in Teil E zu evaluieren.

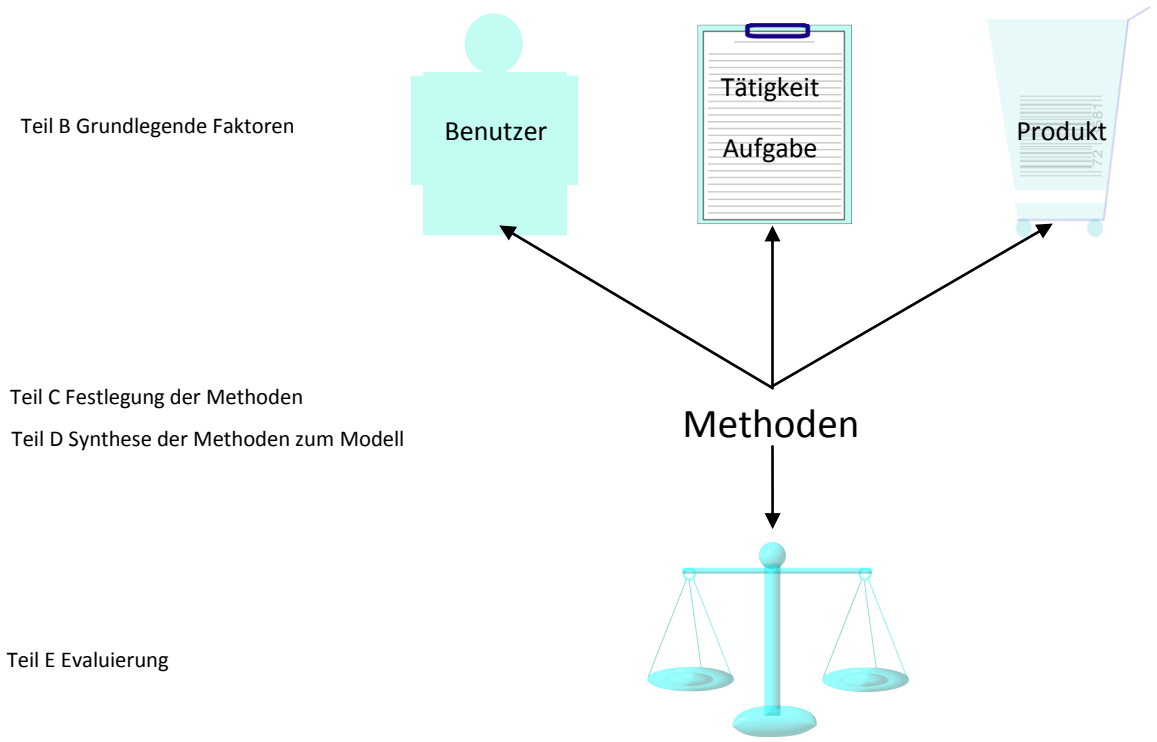



Abbildung 18: Übersicht der Aufteilung jedes Kapitels[95]

[94] Vgl. Haberfellner, Reinhard und Daenzer, Walter F. (1994), S. 157.
[95] Eigene Abbildung.

## Teil E) Evaluierung

Der Zweck der Lösungsbewertung des Systems-Engineerings ist es, die optimale Lösungsalternative zu finden. [96] In der vorliegenden Arbeit werden nicht nur die vom Modell ausgedachten Lösungsalternativen bewertet, sondern auch das erstellte Modell selbst.

Um die Effektivität und Gebrauchstauglichkeit des vollständig entwickelten Modells zu überprüfen, wird das Modell exemplarisch mit einer vorgelegten Aufgabe und einem entsprechenden Produkt angewendet. Ein Produkt wird gemäß der Anforderungen des Benutzers gut angepasst gestaltet und dann verbessert, wodurch sich die Gebrauchstauglichkeit erhöht. Anschließend findet eine Evaluierung dieses Produktes auf Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit statt.

Nach der Evaluierung empfiehlt es sich, ein Musterexemplar des Produktes zu erzeugen. Gemäß dem *Konzept der teilnehmenden Gestaltung* können gezielt Benutzer zur Prüfung des neuen Produktes eingeladen werden.[97] Durch die Beobachtung der Anwendung des Musterexemplars können die Gebrauchstauglichkeit mit der qualitativen sowie objektiven Methode und nach der Anwendung die Meinung zur Überprüfung des neuen Musterexemplars subjektiv festgestellt werden. Diese Evaluierung gehört zur qualitativen Evaluierung, daneben empfiehlt es sich, am besten noch eine quantitative Methode anzuwenden, um eine komplette Evaluierung der Effektivität und der Gebrauchstauglichkeit zu erhalten.

[96] Vgl. Ebenda, S. 191.
[97] Vgl. Haklay, Mordechai (Muki) (2010), S. 104.

## Zusammenfassung von Teil B

Zum Aufbau eines auf einer benutzerorientierten Produktgestaltung basierenden Modells muss man einige nutzergerechte Konzepte anordnen und nachvollziehen. Aus den Konzepten abgeleitete Faktoren, die stets bei dem Entwicklungsprozess eines Produktes berücksichtigt werden, werden dann in dieser Arbeit festgelegt.

Die drei wesentlichen Faktoren – Benutzer, Aufgabe und Produkt – bilden wegen ihres engen Zusammenhangs untereinander ein Dreieck. Restliche Faktoren, wie Expertengruppe, Prinzip, Methoden und Evaluierung, werden bei dem Entwicklungsprozess für notwendig gehalten.

Zur Erläuterung des methodischen Vorgehens erfolgt eine Gliederung der Ergebnisse in die folgenden drei Teile. In Teil C wird die Wichtigkeit aller Faktoren herausgestellt, vor allem des Faktors „Benutzer“, danach werden zu jedem Faktor entsprechende Methoden in Teil D festgelegt. Dieses Modell wird in Teil E mithilfe von Krankheitsfällen evaluiert.

# C Anforderungsanalyse für ein Modell zur nutzergerechten Produktgestaltung

Inhalt und Aufbau von Teil C:

C1 Fähigkeit des Menschen zur Bewältigung einer Tätigkeit (S. 43)

C2 Analyse der gesundheitlichen Situation von Senioren (S. 55)

C3 Arbeitswissenschaftliche Methoden zur nutzergerechten Produktentwicklung (S. 65)

Zusammenfassung von Teil C (S. 78)

Vor dem Aufbau eines Modells zur nutzergerechten Produktgestaltung müssen die Benutzeranforderungen bzw. die allgemeinen Zustände der Benutzer untersucht werden. In Teil C dieser Arbeit wird die dafür benötigte Situations- und Anforderungsanalyse älterer Menschen dargestellt. Die Analysen richten zunächst in Teil C1 die Aufmerksamkeit auf menschliche Fähigkeiten, mit denen eine Tätigkeit erledigt werden kann, einschließlich der physischen und psychischen Fähigkeiten. In Teil C2 werden mögliche gesundheitliche Situationen von älteren Menschen mit Degenerationen sowie Krankheiten dargestellt. Dazu werden einige beeinträchtigte Fähigkeiten gezeigt, die durch die verbreitetsten Krankheiten verursacht werden. In Teil C3 werden in das Modell integrierte Methoden gemäß Kundenanforderungsmanagement und den festgelegten sieben Faktoren beim Entwicklungsprozess bestimmt.

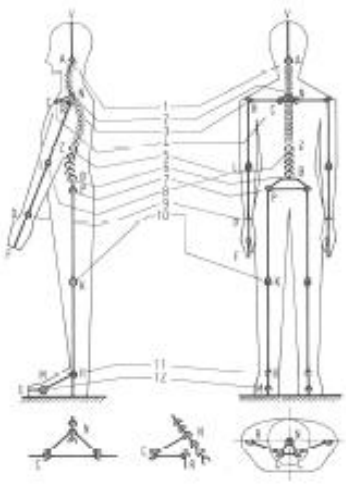
# C1 Fähigkeit des Menschen zur Bewältigung einer Tätigkeit

## C1.1 Physische Fähigkeit

Im Folgenden werden allgemeine physische Fähigkeiten erläutert, die für die Erledigung einer Tätigkeit erforderlich sind.

### *C1.1.1 Körperliche Bewegungsarten*

Der Bewegungsapparat des Menschen ist eine Konstruktion, die viele komplizierte Bewegungen ermöglicht. Das Skelettsystem, das den Körper stabilisiert und den Muskeln als Halterung dient, spielt eine große Rolle für die Körperhaltung und um Bewegungen durchführen zu können. Die Art, wie die Knochen miteinander verbunden sind, unbeweglich oder beweglich, hängt mit bestimmten Funktionen zusammen: Unbeweglich verbundene Knochen haben vor allem Schutzfunktion, so schützt z. B. der Schädel das Gehirn vor Stößen. Bewegliche Knochenverbindungen, wie z. B. das Ellenbogengelenk, ermöglichen vielfältige Arten von Bewegungen; insgesamt gibt es zwanzig bewegliche Verbindungsgelenke (Abbildung 19).[98]



| | |
|---|---|
| 1 Kopfgelenk | A |
| 2 Halsgelenk | N |
| 3 Schultergelenk (je 2X) | R |
| 4 Brustbein-Schlüsselbein-Gelenk | C |
| 5 Brustgelenk | Z |
| 6 Lendengelenk | B |
| 7 Hüftgelenk (je 2X) | P |
| 8 Ellenbogengelenk (je 2X) | L |
| 9 Handgelenk (je 2X) | D |
| 10 Kniegelenk (je 2X) | K |
| 11 Sprunggelenk (je 2X) | H |
| 12 Fußspitzengelenk (je 2X) | M |
| (insges. 20 Gelenke) | |

Abbildung 19: Modell des Skelett-Mechanismus und Gelenke nach Schmidtke [99]

Es gibt drei elementare anatomische Bewegungsarten der Gelenke: Beugen/Strecken, Heranziehen/Abziehen. Die letzte Bewegungsart, z. B. beim Unterarm, wird Innendrehung und Außendrehung genannt. [100] Nicht alle Gelenke können diese drei Bewegungsarten ausführen. Barter u. a. haben im Jahr 1957 in einer Studie den Bereich der Bewegungsarten der Gelenke durch eine Schätzung festgestellt,[101] dabei kann man anhand des Ergebnisses dieser Studie Bewegungsarten des Gelenks erfahren. Die Bewegungsarten der wichtigsten Gelenke bei bestimmten Körperhaltungen sind in Abbildung 20 dargestellt.

[98] Vgl. Schmidtke, Heinz (1993), S. 13.
[99] Vgl. Ebenda, S. 13.
[100] Vgl. Chaffin, Don B. u.a. (2006), S. 56. und Schmidtke, Heinz (1993), S. 12.
[101] Vgl. Barter, James u.a. (1957), S. 4f.

Die möglichen Bewegungsarten einiger Gelenke sind in Tabelle 6 zu finden. Diese Bewegungen können je nach Beweglichkeitsgrad des Gelenks auch miteinander kombiniert werden, so kann z. B. das Oberschenkelgelenk gleichzeitig eine Beuge-, Heranzieh- und Drehbewegung ausführen.

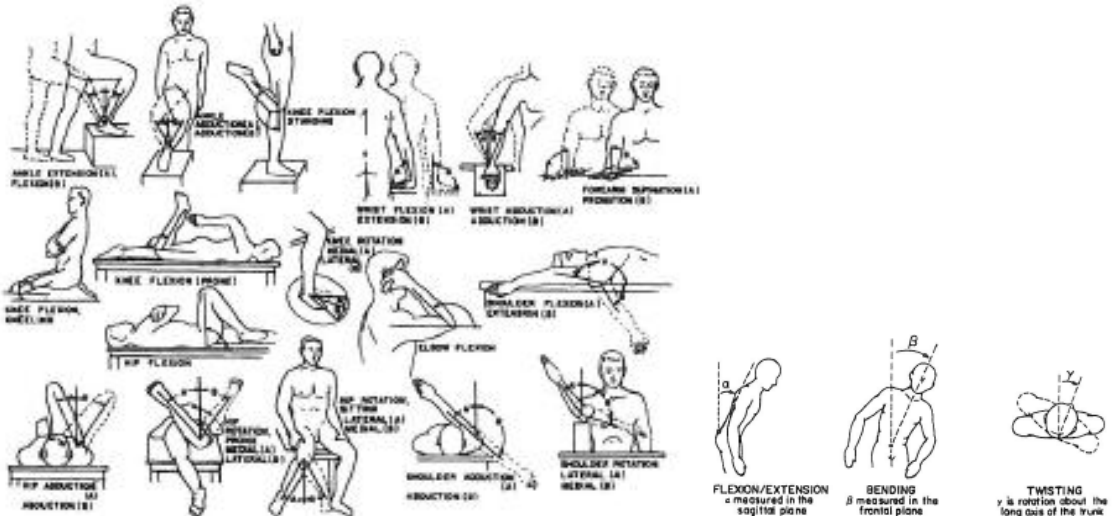



Abbildung 20: Bewegungen bestimmter Extremitäten nach Chaffin u. a.[102]

| Gelenk | Bewegungsarten | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Beugen | Strecken | Heranziehen | Abziehen | Innendrehung | Außendrehung |
| Halsgelenk | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Schultergelenk | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Unterarm | | | | | ✓ (Pronation) | ✓ (Supination) |
| Lendengelenk | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Hüftgelenk | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Ellenbogengelenk | ✓ | | | | | |
| Handgelenk | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| Kniegelenk | ✓ | | | | ✓ | ✓ |
| Sprunggelenk | ✓ | ✓ | | | ✓ | ✓ |
| Fußspitzengelenk | ✓ | ✓ | | | | |

Tabelle 6: Anatomische Bewegungsarten[103]

Gemäß Tabelle 6 können körperliche Bewegungsarten für die weitere Analyse dieser Dissertation klassifiziert und in Tabelle 7 eingeordnet und übertragen werden. Jeder Bewegung kann eine Bewegungsart zugeordnet werden.

[102] Vgl. Chaffin, Don B. u.a. (2006), S. 56.
[103] Eigene Tabelle in Anlehnung an MacCormick, Ernest J. und Sanders, Mark S. (1993), S. 275., Schmidtke, Heinz (1993), S. 12. und Chaffin, Don B. u.a. (2006), S. 56.

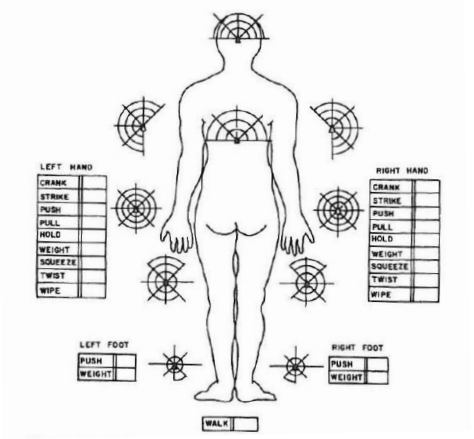
| **Körperteil** | Hals | Schulter | Unterarm | Lende | Hüfte | Ellen-bogen | Hand-gelenk | Knie | Sprung-gelenk | Fußspitzen-gelenk |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Funktionen/ Bewegungs-arten** | Beugen | Beugen | Pronation | Beugen | Beugen | Beugen | Beugen | Beugen | Beugen | Beugen |
| | Strecken | Strecken | Supination | Strecken | Heran-ziehen | | Strecken | Innen-drehung | Strecken | Strecken |
| | Heran-ziehen | Heran-ziehen | | Lateral-Beugen | Abziehen | | Heran-ziehen | Außen-drehung | Innen-drehung | |
| | Abziehen | Abziehen | | Drehung | Innen-drehung | | Abziehen | | Außen-drehung | |
| | Innen-drehung | Mediale Drehung | | | Außen-drehung | | | | | |
| | Außen-drehung | Laterale Drehung | | | | | | | | |

Tabelle 7: Abschließende Übersicht über die Bewegung der Gelenke des Körpers[104]

### *C1.1.2 Handbewegungsart*

Durch die Fingergelenke kann die Hand komplizierte und feine Bewegungen ausführen sowie unterschiedliche Haltungen einnehmen. Insbesondere wenn die Hand mit den Gelenken der oberen Extremitäten zusammenarbeitet, können mehrere Körperhaltungen eingenommen und Fähigkeiten geschaffen werden. Wenn man beispielsweise den Rücken waschen möchte, muss eine Hand den Duschkopf greifen, wozu eine Schulter hoch gehoben und ein Ellenbogen gebeugt werden muss. Diese Fähigkeit erfordert sowohl das Greifen mit der Hand als auch die Zusammenarbeit von Schulter und Ellenbogen. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, die Bewegungen der Hand besonders zu berücksichtigen. Um potenziell anstrengende Körperhaltungen auszuwerten, haben Corlette u. a. die „Posture Targeting"-Methode entwickelt, mit deren Hilfe man die Körperhaltung eines Arbeiters während eines Arbeitstages beobachten kann.[105] In der Methode wurden die Bewegungen der Hand definiert und aufgeschlüsselt. Dazu zählen: kurbeln (greifen), schlagen, stoßen, ziehen, greifen, abwiegen, drucken, drehen und wischen, wie Abbildung 21 zeigt. Diese Bewegungen der Hand wurden zwar für die Arbeitshaltung während der Arbeit entwickelt, können aber auf alltägliche Tätigkeiten übertragen werden. Tabelle 8 zeigt die sich aus der „Posture Targeting"-Methode ergebenden Funktionen der Hand.

[104] Eigene Tabelle.
[105] Vgl. Corlett, E. N. u.a. (1979), S. 358.




Kurbeln
Schlagen
Stoßen
Ziehen
Greifen
Abwiegen
Drücken
Drehen
Wischen

Abbildung 21: Aufzeichnung der Körperhaltung bei der „Posture Targeting"-Methode in Bezug auf die Bewegung der Hand nach Corlette u. a.

| **Körperteil** | Hand |
|---|---|
| **Funktionen** | Kurbeln |
| | Schlagen |
| | Stoßen |
| | Ziehen |
| | Greifen |
| | Abwiegen |
| | Drücken |
| | Drehen |
| | Wischen |

Tabelle 8: Übersicht der Funktionen der Hand

### *C1.1.3* Muskelkontraktionsart

Die Muskelstärke ist die höchste Kraft, die eine Muskelgruppe unter einer bestimmten Kondition entwickeln kann. Nach Chaffin u. a. können die Kontraktionen des Muskels in drei Arten unterteilt werden (siehe Tabelle 9).[106] Während einige Körperteile bei der statischen Arbeit stabilisierend wirken, bewegen sich andere Teile des Körpers bei der dynamischen Arbeit. Bei der dynamischen Arbeit unterscheidet man konzentrische und exzentrische Kontraktion.

| Arbeitsart | Tätigkeit | Stelle | Muskelkontraktionsart |
|---|---|---|---|
| Statische Arbeit | Halt, Tragen | Stille Haltung | Isometrische Kontraktion |
| Dynamische Arbeit | Hebung, Schub, Ziehen | Körperbewegung | Konzentrische Kontraktion<br>Exzentrische Kontraktion |

Tabelle 9: Art der Muskelbewegung bei statischer und dynamischer Arbeit [107]

[106] Vgl. Chaffin, Don B. u.a. (2006), S. 58.
[107] Eigene Tabelle nach Ebenda, S. 58.

Daher können Funktionen des Muskels gemäß der Art der Muskelkontraktion in drei Arten eingeteilt werden (siehe Tabelle 10).

| **Körperteil** | Muskel |
|---|---|
| **Funktionen** | Isometrische Kontraktion |
| | Konzentrische Kontraktion |
| | Exzentrische Kontraktion |

Tabelle 10: Funktionen der Muskeln[108]

### *C1.1.4 Modalität*

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle ist ein wichtiger Aspekt in der Produktentwicklung, vor allem wenn der Bedienungsprozess eine komplizierte Informationsverarbeitung beinhaltet. Während des Prozesses der Bedienung werden die Aufnahme der Information vom Produkt und die entsprechende Reaktion auf das Produkt wiederholt bis zum Ende der Tätigkeit. Die Wahrnehmung ist der erste Schritt in der Informationsverarbeitung, sie spielt deswegen eine große Rolle.[109] Der durch die Sinnesorgane aufgenommene äußerliche Reiz wird über Nervenbahnen bis zur Hirnrinde transportiert. Jedes Sinnesorgan nimmt bestimmte Reize wahr. Gute sensorische Fähigkeiten spielen eine wichtige Rolle, sind entscheidende Faktoren und haben somit auch Auswirkungen auf die körperliche Leistungsfähigkeit und auf alltägliche Tätigkeiten.[110] Schönpflug unterscheidet neun sensorische Modalitäten bzw. Wahrnehmungsarten (siehe Tabelle 11).[111] Diese Modalitäten werden auch als wesentliche Funktionalität des Menschen in das gezielt aufzubauende Modell integriert (siehe Tabelle 12).

[108] Eigene Tabelle nach Ebenda, S. 58.
[109] Vgl. Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 313.
[110] Vgl. Baltes, Paul B. und Smith, Jacqui (1997), S. 406.
[111] Vgl. Schönpflug, Wolfgang und Schönpflug, Ute (1995), S. 114.

| Modalität | Organ | Rezeptoren | Empfindungen |
|---|---|---|---|
| **Visuelles Wahrnehmungssystem** | Auge | Zapfen und Stäbchen | Farbe, Helligkeit |
| **Auditives Wahrnehmungssystem** | Innenohr | Haarzellen des Cortiäschen Organs | Tonhöhe und Lautstärke |
| **Vestibuläres Wahrnehmungssystem** | Flüssigkeits-verschiebungen und Statolithen (Schwerkraft) | Haarzellen in Sacculus, Utriculus und den Bogengängen | lineare und Winkelbeschleunigungen |
| **Olfaktorisches Wahrnehmungssystem** | Schleimhautstück im oberen Nasenraum | Sinneszellen mit Geißeln | Geruch |
| **Geschmackswahrnehmung** | Zungenoberfläche | Geschmackspapillen | Geschmack: süß, sauer, salzig, bitter |
| **Taktiles Wahrnehmungssystem** | Haut | Vater-Pacinische Lamellen und Meißersche Tastkörperchen | Druck, Berührung, Vibration |
| **Kinästhetisches Wahrnehmungssystem** | Muskelspindel | Unterschiedliche Arten | Stellung der Körperteile zueinander, Körperbewegungen |
| **Thermisches Wahrnehmungssystem** | Haut | **Kälte**-Krausesche Endkolben **Wärme**-Ruffinische Endorgane | warm-kalt bei hohen und niedrigen Temp. auch Schmerz |
| **Schmerzwahrnehmung** | Unspezifisch | Alle freien Nervenenden | Schmerz |

Tabelle 11: Die sensorischen Modalitäten nach Schönpflug[112]

| **Körper-teil** | Augen | Ohr | Nase | Haut | Muskelspindel |
|---|---|---|---|---|---|
| **Funk-tionen** | Visuelles Wahrnehmungs-system | Auditives Wahrnehmungs-system | Olfaktorisches Wahrnehmungs-system | Taktiles Wahrnehmungs-system | Kinästhetisches Wahrnehmungs-system |
| | | Vestibuläres Wahrnehmungs-system | | Thermisches Wahrnehmungssyste m | |

Tabelle 12: Übersicht der Funktionen der sensorischen Modalitäten

## C1.2 Psychische Fähigkeit

Nach der Aufnahme der Informationen bzw. der Reize aus der Umwelt durch Sinnesorgane werden zwei Wege von Emotions- und Kognitionsentstehung ausgelöst. Emotionen und Kognitionen sind differenzierbare Prozessierungen zur Verarbeitung eingehender Informationen, die in unterschiedliche Gehirnareale geleitet werden. Die Resultate von kognitiven Prozessierungen werden durch das Eintreten in das Arbeitsgedächtnis bewusst, anschließend folgt eine komplexe Informationsverarbeitung.[113] Dieser Prozess wird dann in den folgenden Abschnitten einzeln erläutert.

[112] Vgl. Ebenda, S. 114.
[113] Vgl. Müsseler, Jochen (2007), S. 306.

### *C 1.2.1 Emotion und Kognition*

Reize in der Umwelt werden zunächst durch das Sinnesorgan zum Thalamus geleitet. Von dort gelangen sie parallel zur Amygdala und in die entsprechenden Assoziationsfelder des Cortexes. In der Amygdala erfolgt sofort eine grobe Bewertung der Reize. Diese Bewertung kann zu autonomen Reaktionen (z.B. Veränderungen des Blutdrucks), endokrinen Reaktionen (z.B. Ausschüttung von Stresshormonen) und rudimentären Verhaltensreaktionen (z.B. Schreckreaktionen) führen.[114] Dieser Prozess der Emotionsentstehung wird in der linken Seite von Abbildung 22 deutlich gezeigt.

Der andere Weg zwischen Thalamus und Cortex ist länger und benötigt demzufolge mehr Zeit. Auf diesem Weg kann kognitives Prozessieren sowohl Feinanalysen als auch Feinbewertungen des Reizereignisses durchführen. Dabei werden die Reize auf die verfolgten Ziele bezogen, bewertet und Bewältigungsmöglichkeiten abgewogen. Während dieses Prozesses entstehen ebenfalls Emotionen wie Ärger, Zufriedenheit oder Hilflosigkeit.[115] Dieser Prozess des kognitiven Prozessierens ist in der rechten Seite von Abbildung 22 zu sehen.

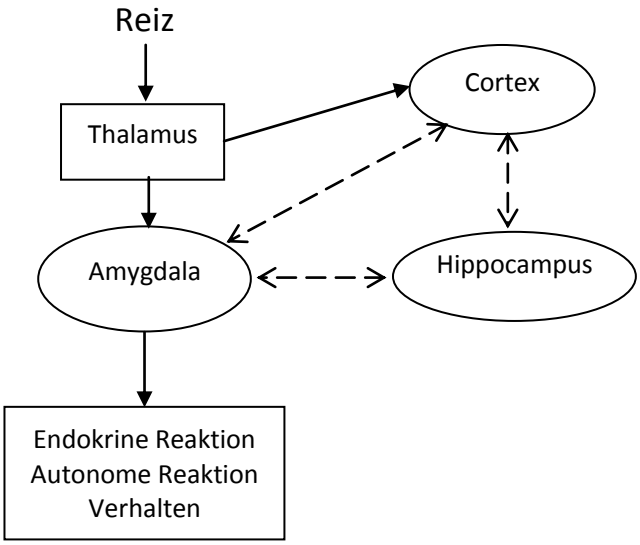



Abbildung 22 Emotionsentstehung im Gehirn nach LeDoux[116]

Die Emotionen haben auch Einfluss auf die Informationsverarbeitung. An Depression leidende Patienten haben meistens nicht nur physische Symptome wie motorische Verzögerung und den Verlust der Ausführungsfunktion, sondern auch psychologische Probleme wie Uneinsichtigkeit.[117] Aus diesem Grund, kann man feststellen, dass Emotionen bei der weiteren Phase zur Informationsverarbeitung eine große Rolle spielen.

Details des Ablaufs der Informationsverarbeitung und deren erforderliche Fähigkeiten werden in den weiteren Abschnitten erläutert.

[114] Vgl. Ebenda, S. 306.
[115] Vgl. Ebenda, S. 306.
[116] Vgl. LeDoux, Joseph E. (1995), S. 225.
[117] Vgl. Kane, Robert L. u.a. (2004), S. 148.

### *C 1.2.2 Informationsverarbeitung*

Informationen aus der Umwelt werden durch Sinnesorgane bzw. sensorische Modalitäten aufgenommen, ins Gehirn transportiert und dort weiterverarbeitet, danach wird gemäß dieser Informationen eine entsprechende Entscheidung getroffen. Eine einfache Darstellung des Modells, wie der Organismus die Umwelt wahrnimmt, [118] zeigt, wie Informationen nach ihrer Aufnahme verarbeitet werden. Zuerst werden Konfigurationen des Reizes durch einfache, komplexe und hyperkomplexe Zellen analysiert.[119] Eine bestimmte Kombination dieser Zellen führt dazu, dass im Gehirn gespeicherte Muster abgerufen werden, damit wird eine Entscheidung durch vergangenes Gedächtnis getroffen. Der Vorgang ist in Abbildung 23 dargestellt. Die Darstellung verdeutlicht, dass eine Entscheidung zur Handlung hauptsächlich vom Gedächtnis abhängig ist.

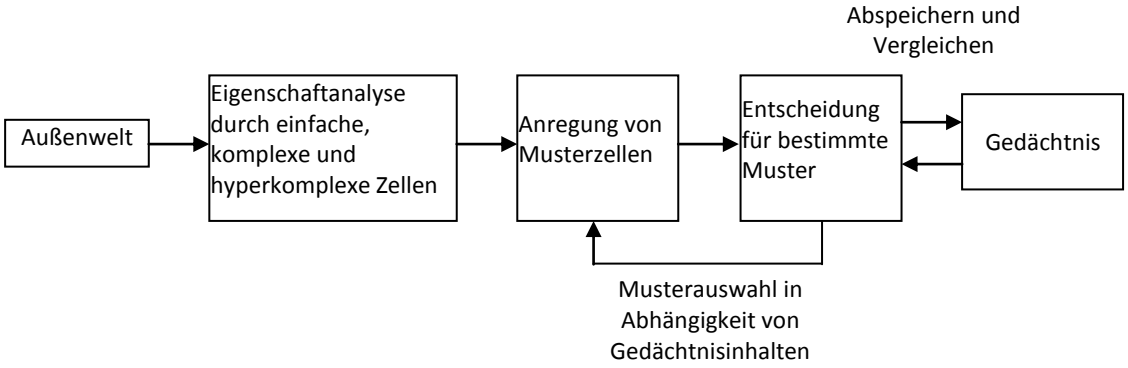



Abbildung 23: Modell der Wahrnehmung nach Schmidtke sowie Lindsay und Norman[120]

Eine psychologische Herangehensweise zur detaillierten Beschreibung der menschlichen Informationsverarbeitung erfolgte in einem von Wickens und Hollands entwickelten Modell.[121] Dieses Modell repräsentiert den Ablauf einer Reihe von Phasen, in denen die Informationen transformiert und verarbeitet werden. Der Ablauf, in Abbildung 24 vollständig dargestellt, besteht aus drei Bestandteilen der Informationsverarbeitung: Gedächtnis, Entscheidungsmechanismus und Problemlöseverhalten. Dabei ist das Gedächtnis einer der wesentlichen Bestandteile bei der Informationsverarbeitung.[122]

[118] Vgl. Lindsay, Peter H. und Norman, Donald A. (1972), S. 369.
[119] Vgl. Schmidtke, Heinz (1993), S. 339.
[120] Vgl. Lindsay, Peter H. und Norman, Donald A. (1972), S. 369.
[121] Vgl. Wickens, Christopher D. und Hollands, Justin G. (2000), S. 11.
[122] Vgl. Schmidtke, Heinz (1993), S. 339.

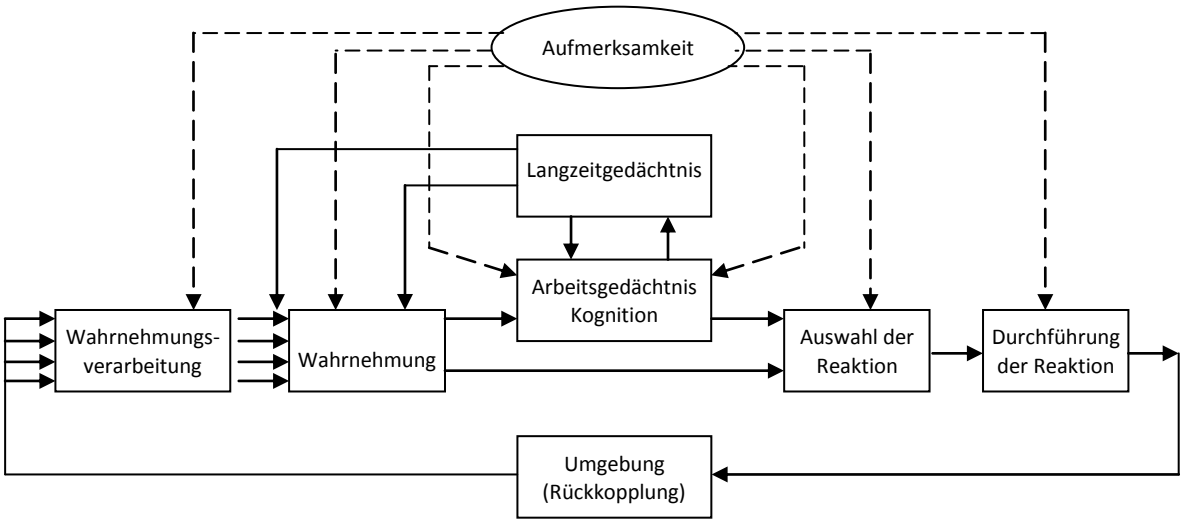



Abbildung 24: Ein Modell der menschlichen Informationsverarbeitung nach Wickens und Hollands[123]

In der Handlungsregulationstheorie, die einen durch ständige Anpassungsprozesse durchgeführten Plan darstellt, gibt es zwei wichtige Elemente: Plan und Bild.[124] Die Pläne beziehen sich auf eine hierarchisch strukturierte Reihe von Befehlen, die den Handlungsablauf steuern. Bei dem Bild handelt es sich um das angehäufte Wissen einer Person über eigene Erfahrungen und über ihre Umwelt. Dieses Wissen wird im Gehirn gespeichert und kann mit künftigen Ereignissen verglichen werden, um daraus optimale Maßnahmen abzuleiten. Die Behauptung der Handlungsregulationstheorie betont wieder einmal die Wichtigkeit des Gedächtnisses, das im Gehirn lokalisiert ist.

### *C 1.2.3 Motorisches System*

Während des Prozesses der Informationsverarbeitung wird eine passende Maßnahme erzielt, danach erzeugt das vom Zentralnervensystems (ZNS) verantwortete motorische System eine Bewegung.[125] Das ZNS besteht aus zwei Teilen: dem Gehirn und dem Rückenmark. Das Gehirn befindet sich im Schädel; das Rückenmark befindet sich in der Wirbelsäule.[126] Zusätzlich gibt es das periphere Nervensystem (PNS), das im Gegensatz zum ZNS mit der äußeren Umwelt interagiert. Das PNS besteht aus afferenten Nerven, die sensorische Signale von den Sinnesorganen und den Skelettmuskeln weiter zum zentralen Nervensystem leiten, und aus efferenten Nerven, die motorische Signale vom ZNS an die Skelettmuskeln übertragen. Beide Systeme zusammen werden das Nervensystem genannt, das bei der Übertragung von Signalen eine große Rolle spielt.

Tabelle 13 zeigt die Bestandteile der Nervensysteme und deren Funktionen. Darüber hinaus gibt es das autonome Nervensystem, das eine Funktion des peripheren Nervensystems ist; es ist für den Informationsaustausch zwischen den inneren Organen verantwortlich. Dieser Mechanismus läuft im Lumen automatisch ab und ist vom Menschen nicht zu bemerken. Deshalb wird es in der vorliegenden Arbeit nicht als ein Teil des motorischen Systems betrachtet.

[123] Vgl. Wickens, Christopher D. und Hollands, Justin G. (2000), S. 11.
[124] Vgl. Luczak, Holger (1998), S. 34.
[125] Vgl. Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 381.
[126] Vgl. Pinel, John (2007), S. 70.

| Systeme | Organe | Struktur | Funktion | |
|---|---|---|---|---|
| Zentrales Nervensystem | Gehirn | Kortex | • Sensorische Funktion<br>• Motorische Funktion<br>• Assoziativer Speicher | • Planung und<br>• Entscheidung der Aktionsabläufe[127] |
| | | Zerebellum | • Muskelaktivität<br>• Zeitgeber<br>• Sprechen | • Feinabstimmung von Bewegungen<br>• Zeitgebung von Bewegung<br>• Wahrnehmungen[128] |
| | Rückenmark | | Ausführung | Ausführungskennung von Bewegungen[129] |
| Peripheres Nervensystem | Nerven | Somatisches Nervensystem | Afferente Nerven<br>Efferente Nerven | • Leitung der sensorischen Signale zum ZNS<br>• Übertragung der motorischen Signale zu den Skelettmuskeln[130] |
| | | Autonomes Nervensystem | Sympathische Nerven<br>Parasympathische Nerven | Informationsaustausch zwischen den einzelnen Organen |

Tabelle 13: Übersicht über die Nervensysteme und deren Funktionen

Die Übertragung der Information vom Sinnesorgan bis zur Durchführung der Reaktion am Beispiel des Auges ist in Abbildung 25a dargestellt. Der grau hinterlegte Teil stellt das zentrale Nervensystem dar, dagegen ist das periphere Nervensystem blau hinterlegt. Die von den Sinnesorganen wahrgenommenen Reize werden zuerst durch afferente Nerven ins sensorische Areal des zentralen Nervensystems und danach weiter in den Assoziationskortex geleitet, um die abstraktere Information zu extrahieren.[131] In diesem Areal wird die Information mit Erinnerungen verglichen, um eine Entscheidung zur Reaktion zu treffen. Dieser Prozess stimmt mit dem von Lindsay und Norman aufgestellten Modell überein.[132] Danach erhält das Cerebellum die vom primären motorischen Kortex versandten Informationen und später die dem Muskel übermittelten Signale, um die Reaktionen auszuführen. Dabei erhält das Cerebellum ebenfalls die Rückmeldung der Bewegung, danach können ungeeignete Bewegungen korrigiert werden.[133] Die motorischen Signale werden dann über die efferenten Nerven auf die Skelettmuskeln übertragen, die daraufhin gezielte Bewegungen ausführen.
Nicht alle Aufnahmen von Reizen aus der Außenwelt müssen durch die somatosensorische Übertragung ins ZNS transportiert werden. Z.B. werden visuelle, auditive und olfaktorische Reize direkt in den entsprechenden Kortex im Gehirn geleitet (Abbildung 25a). Taktile und kinästhetische Reize werden hingegen durch die somatosensorische Übertragung im Rückenmark in den Kortex im Gehirn geleitet (Abbildung 25b).

[127] Vgl. Birbaumer, Niels und Schmidt, Robert F. (2006), S. 92. und Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 382.
[128] Vgl. Birbaumer, Niels und Schmidt, Robert F. (2006), S. 92.
[129] Vgl. Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 381. und Birbaumer, Niels und Schmidt, Robert F. (2006), S. 92.
[130] Vgl. Pinel, John (2007), S. 70.
[131] Vgl. Birbaumer, Niels und Schmidt, Robert F. (2006), S. 90.
[132] Vgl. Kapitel C1.2 Abbildung 23, S. 48.
[133] Vgl. Pinel, John (2007), S. 256.

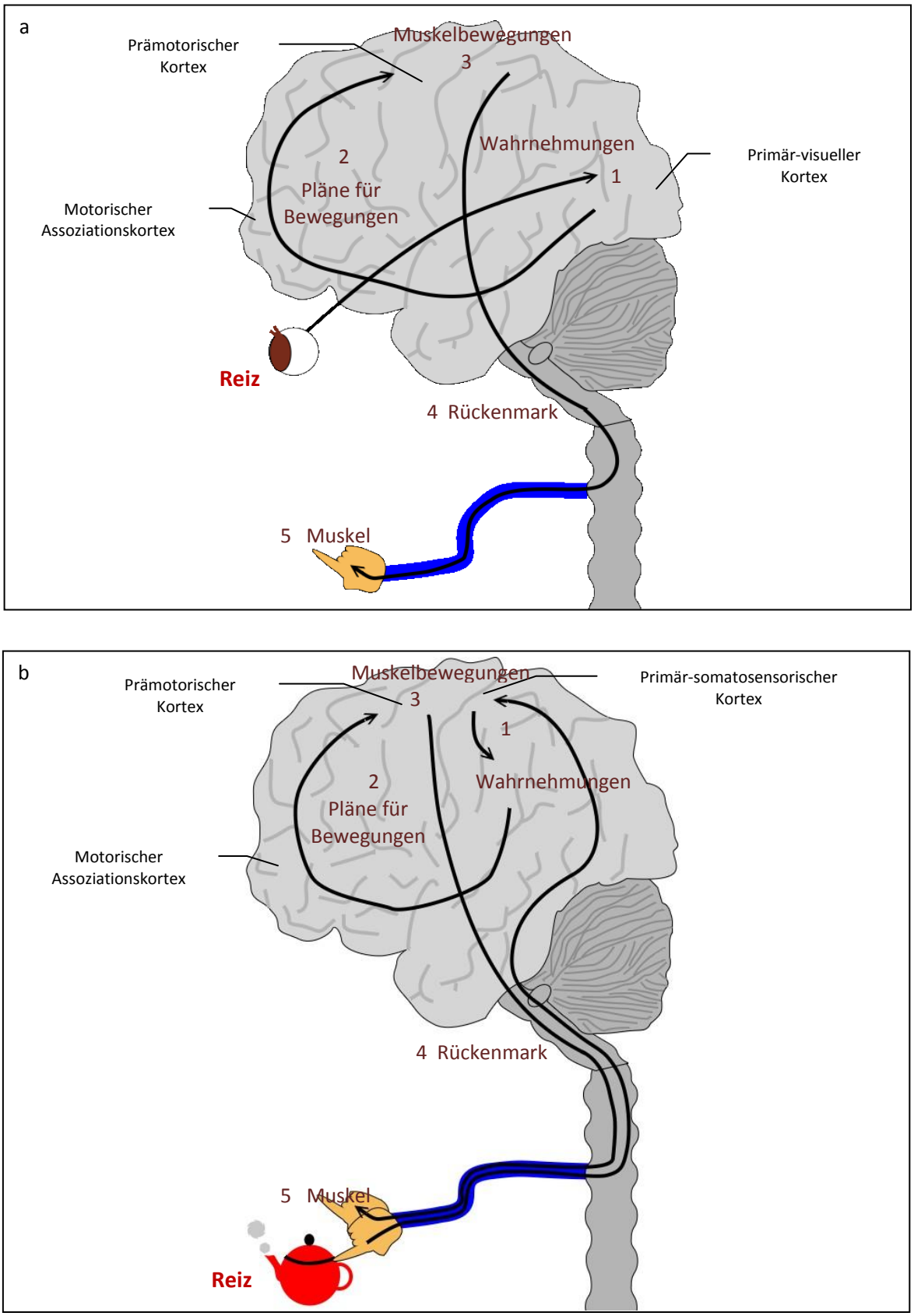



Abbildung 25: Der Prozess von Reiz zu Reaktion im zentralen Nervensystem (ZNS) und peripheren Nervensystem (PNS) nach Birbaumer und Schmidt.[134]

[134] Eigene Abbildung in Anlehnung an Birbaumer, Niels und Schmidt, Robert F. (2006).

Den psychischen Fähigkeiten kann man gemäß dem Konzept der Informationsverarbeitung und dem motorischen System benötigte Funktionen im zentralen Nervensystem zuordnen (siehe Tabelle 14).

| Körperteil | Gehirn | Rückenmark |
|---|---|---|
| Funktionen | Wahrnehmung | Somatosensorische Übertragung |
| | Entscheidung | Muskelkontrolle |
| | Gedächtnis | |
| | Koordination | |

Tabelle 14: Übersicht über die Funktionen der zwei Teile des zentralen Nervensystems

Wie oben bereits gesagt, spielt die somatosensorische Übertragung bei der Weiterleitung der Signale ins Zentrale Nervensystem eine große Rolle. Aus diesem Grund sind die afferenten Nerven bedeutend für das Funktionieren eines motorischen Systems, da sie die Signale von der Haut, von den Skelettmuskeln und den Gelenken zum zentralen Nervensystem leiten. Im Gegensatz zu den afferenten Nerven werden die efferenten Nerven nach der Entscheidung über die Reaktionsbewegung als Befehl über die Nervenbahn auf die Extremität übertragen, damit diese eine Bewegung ausführt. Tabelle 15 zeigt die Funktionen des peripheren Nervensystems.

| Körperteil | Periphere Nerven |
|---|---|
| Funktionen | Afferente Nerven |
| | Efferente Nerven |

Tabelle 15: Funktionen des peripheren Nervensystems

In Kapitel C1 wird zuerst die physische Fähigkeit durch das Sammeln der betreffenden Literatur festgelegt. Davon ausgehend werden körperliche Bewegungsarten, Handbewegungsart, Muskelkontraktionsart sowie Modalität bestimmt. Die psychischen Fähigkeiten werden gemäß den Theorien der Informationsverarbeitung und des motorischen Systems in die Kategorien zentrales und peripheres Nervensystem sortiert.

## C2 Analyse der gesundheitlichen Situation von Senioren

### C2.1 Gesundheitliche Situation älterer Menschen unter dem Aspekt der allgemeinen Fähigkeiten

Kruse und Wahl stellen fest, dass die optimale Organfunktion beim Menschen im Alter von 30 Jahren erreicht wird, danach findet anstelle von Wachstum langsam der fortschreitende Abbau der physiologischen Funktionen statt.[135] Tabelle 16 zeigt den Funktionsverlust der Organe eines 60-Jährigen gegenüber den Organen eines 30-Jährigen in Prozent. Die Veränderung der Leistungsfähigkeit der Organe im Alter kann jedoch sehr individuell sein. Die kardiopulmonale Funktion verändert sich im Alter erheblich, woraus viele Krankheiten wie Herzinsuffizienz, die ischämische Herzkrankheit, Bluthochdruck und Hypertonie resultieren können.

Auch die Leistungsfähigkeit der Sinnesorgane nimmt deutlich ab. Vor allem das visuelle und das auditive System sind stark von altersbedingten Veränderungen betroffen. Die Sehfähigkeit nimmt mit zunehmendem Alter ab. Das liegt daran, dass sich die Lichttransmission verringert, die Form der Linse verändert, die Dunkeladaption verlangsamt ist usw.[136] An einem reduzierten Hörvermögen leiden 75 % der 75- bis 79-Jährigen, die Hörschwelle kann sich weiter erhöhen, was nicht immer durch technische Hilfen ausgeglichen werden kann. [137]

[135] Vgl. Wahl, Hans-Werner und Kruse, Andreas (2009), S. 456.
[136] Vgl. Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 123.
[137] Vgl. Ebenda, S. 125.

| Organsystem | Parameter | Funktion | | |
|---|---|---|---|---|
| | | vermindert | unverändert | erhöht |
| Nervensystem | 1. Nervenzellen | –3 % | unverändert | |
| | 2. Gehirngewicht | –(6–11) % | | |
| | 3. Gehirnvolumen | | | |
| | 4. Gehirndurchblutung | –20 % | | |
| | 5. Nervenleitungsgeschwindigkeit | –10 % | | |
| Herzkreislaufsystem | 1. Herzleistung | –50 % | | +(20–30) % |
| | 2. Herzgewicht | | | |
| | 3. Schlagvolumen in Ruhe | –30 % | | |
| Lunge | 1. Vitalkapazität | –50 % | unverändert | +50 % |
| | 2. totale Lungenkapazität | | | |
| | 3. Residualvolumen | | | |
| | 4. Atemgrenzwert | –(60–70) % | | |
| | 5. Maximale Sauerstoffaufnahme | –(60–70) % | | |
| Niere | 1. Glomeruläre Filtrationsrate | –(30–50) % | | |
| | 2. Nierendurchblutung | –50 % | | |
| | 3. Nierenkörperchen | –(30–40) % | | |
| | 4. Nierengewicht | –(20–30) % | | |
| Muskulatur | 1. Muskelmasse | –30 % | | |
| | 2. maximale Dauerleistung | –30 % | | |
| | 3. Maximale Spitzenleistung | –60 % | | |
| | 4. Handmuskelkraft | –45 % | | |
| Sinnesorgane | 1. Linsendichte | | | +200 % |
| | 2. Akkommodation | –11 Dioptrien | | |
| | 3. Hörverlust hoher Frequenzen | von 20 kHz auf 4 kHz | | |
| | 4. Hörverlust tiefer Töne | –(10–15) db | | |

Tabelle 16: Das Organsystem und seine Veränderungen im höheren Lebensalter beim gesunden älteren Menschen (>60 Jahre) [138]

Ältere Menschen zeigen häufig auch eine altersbedingte Abnahme kognitiver Fähigkeiten, die man in zwei Komponenten kognitiver Leistungen einteilen kann: die kristalline und die fluide Intelligenz.[139] Die kristalline Intelligenz bezieht sich auf das Allgemeinwissen oder die Erfahrung, die vom allgemeinen Wissen und der Kultur abhängig ist. Diese Intelligenz umfasst auch erlernte kognitive Fähigkeiten und die mit diesem Wissen erworbene Fähigkeit zur Lösung von Problemen. Die fluide Intelligenz dagegen bezieht sich auf die Basisfähigkeit des Denkens, wie Schnelligkeit der Wahrnehmung, die Reaktionszeit und induktives Denken. Diese Fähigkeit ist für die Anpassung an neue Situationen und für die Lösung neuer Probleme verantwortlich. Die kristalline Intelligenz bleibt mit der Zeit intakt und kann sogar zunehmen. Die fluide Intelligenz hingegen nimmt systematisch ab. Jedoch kann sie durch das Wissen und die Erfahrung, die zu der kristallinen Intelligenz gehören, ausgeglichen werden.

[138] Vgl. Kruse, Andreas (2004), S. 190.
[139] Vgl. Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 126.

Die Leistung des Gedächtnisses teilt sich in Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis. Die Anforderungen an das Kurzzeitgedächtnis von älteren Menschen während einer Tätigkeit hängen von der Komplexität der zu verarbeitenden Reize ab. Es ist eine Tatsache, dass die Effektivität des Arbeitsgedächtnisses bei Aufgaben mit hoher Komplexität geringer ist.[140] Im Langzeitgedächtnis können große Mengen an Informationen gespeichert werden, z. B. allgemeines Faktenwissen, auswendig Gelerntes sowie Informationen, die der Wiedererkennung von Einheiten und bestimmten Fertigkeiten dienen. Diese Informationen können ältere Menschen lange erhalten. Jedoch haben Personen ab dem mittleren Alter (ab ca. 45 Jahren) Schwierigkeiten, sich an Einzelheiten von selten stattfindenden Ereignissen zu erinnern, vor allem bei einer starken Beanspruchung des Gedächtnisses.[141]

## C2.2 Analyse der gesundheitsbezogenen Situation älterer Menschen durch den Gesundheitsbericht

Tesch-Römer und Wurm haben Gesundheit bzw. Krankheit anhand zweier Dimensionen kategorisiert und in ihrem Forschungsergebnis vorgestellt. Sie unterscheiden zwischen somatischer und psychischer Gesundheit.[142] Bei der somatischen Gesundheit geht es nicht nur um physische Erkrankungen mit zunehmendem Alter und altersphysiologischen Veränderungen, sondern auch um die Funktionalität der Organe im gesamten Lebensverlauf, die aufgrund eines ungesunden Lebensstils, z. B. im Berufsleben, beeinträchtigt wird. Gemäß ihrer Kategorien werden die am stärksten verbreiteten Krankheiten, an denen die Menschen im Alter leiden, in Tabelle 17 gezeigt.

| | Somatische Gesundheit | Psychische Gesundheit |
|---|---|---|
| Erkrankungen | Kardiovaskuläre Erkrankungen<br>Krebs<br>Diabetes<br>Osteoporose | Alzheimer |

Tabelle 17: Übersicht über die häufigsten Erkrankungen unter der Dimension der Gesundheit und den Kategorien der Erkrankungen[143]

[140] Vgl. Ebenda, S. 127.
[141] Vgl. Ebenda, S. 127f.
[142] Vgl. Tesch-Römer, Clemens und Wurm, Susanne (2009), S. 12.
[143] Eigene Tabelle in Anlehnung an Ebenda, S. 13.

Chronische Erkrankungen sind eine große Last für ältere Menschen. Innerhalb ihrer Gesamtheit leiden ca. 80 % an mehr als einer chronischen Krankheit.[144] Zur Bestimmung der am meisten verbreiteten Krankheiten wurden statistische Daten des Gemeinsamen Neuen Statistischen Informationssystems (GENESIS) [145], der Online-Datenbank der Gesundheitsberichterstattung (GBE) [146] sowie der Weltgesundheitsorganisation (WHO)[147] gesammelt. Der Forschungsgegenstand von GENESIS und GBE ist der Patient in Deutschland; ein aktueller Bericht wird regelmäßig auf der Internetseite veröffentlicht. Der aktuelle statistische Bericht der WHO analysiert den Untersuchungszeitraum von 2000 bis 2002, danach erschien der Bericht wieder im Jahr 2008. Ein Teilbericht untersucht die Situation in Europa. Im Vergleich zu den zwei anderen statistischen Berichten von GENESIS und GBE sind Untersuchungszeitraum und -gegenstand unterschiedlich. Aufgrund des einheitlichen Hintergrundes der Forschung werden nur GENSIS und GBE als Quellen zur Definition der am meisten verbreiteten Krankheiten in dieser Arbeit betrachtet. Durch den Vergleich der Daten verschiedener Quellen werden die unter älteren Menschen am meisten verbreiteten Krankheiten ersichtlich. Anschließend wird eine Auswahl an Krankheiten für diese Arbeit festgelegt.

***Gemeinsames Neues Statistisches Informationssystem (GENESIS)***

Das Gemeinsame Neue Statistische Informationssystem (GENESIS) ist ein von den Statistischen Landesämtern und dem Statistischen Bundesamt, das eine deutsche Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums des Innern ist, gemeinsam entwickeltes Datenbanksystem für amtliche Statistiken Deutschlands. Die Anzahl der Fälle wurde nach dem Krankheitskapitel (siehe Anhang C2.2.1) statistisch analysiert. Aus Tabelle 18 ist ersichtlich, dass die häufigsten Fälle der Diagnoseklasse die Krankheiten des Kreislaufsystems sind, wie z. B. Hirninfarkt, Essentielle (primäre) Hypertonie etc.,[148] gefolgt von Neubildungen, Krankheiten des Verdauungssystems und Verletzungen, Vergiftungen und Folgen äußerer Ursachen. Der Rang der Krankheiten im Untersuchungszeitraum zwischen 2006 und 2008 weist keinen großen Unterschied auf. Die Reihenfolge der ersten sieben Krankheiten ist vollkommen gleich.

[144] Vgl. Fried, L P u.a. (1997), S. 216f.
[145] Vgl. Gemeinsames Neues Statistisches Informationssystem (GENESIS),
URL: https://www-genesis.destatis.de/genesis/online
[146] Vgl. Das Informationssystem der Gesundheitsberichterstattung des Bundes (GBE),
URL: http://www.gbe-bund.de/
[147] Vgl. World Health Organization, The global burden of disease: 2004 update , 2004
http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/2004_report_update/en/index.html
[148] Vgl. Weiterführende Informationen zum Kreislaufsystem in Anhang C2.2.2, S.174.

| ICD10 Krankheitskapitel | | 2008 | | 2007 | | 2006 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Fälle | Rang | Fälle | Rang | Fälle | Rang |
| A00-B99 | Bestimmte infektiöse und parasitäre Krankheiten | 497236 | 13 | 483969 | 13 | 451116 | 14 |
| **C00-D48** | **Neubildungen** | **1861651** | **2** | **1856121** | **2** | **1833302** | **2** |
| D50-D90 | Krankheiten des Blutes u. der blutbildenden Organe | 124128 | 19 | 118966 | 19 | 117695 | 19 |
| E00-E90 | Endokrine, Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten | 483972 | 14 | 473444 | 14 | 471375 | 13 |
| F00-F99 | Psychische und Verhaltensstörungen | 1127971 | 6 | 1093641 | 6 | 1057564 | 6 |
| G00-G99 | Krankheiten des Nervensystems | 697242 | 11 | 678937 | 11 | 672490 | 10 |
| H00-H59 | Krankheiten des Auges und der Augenanhangsgebilde | 317711 | 15 | 313552 | 15 | 313861 | 15 |
| H60-H95 | Krankheiten des Ohres und des Warzenfortsatzes | 148215 | 18 | 147839 | 18 | 144855 | 18 |
| **I00-I99** | **Krankheiten des Kreislaufsystems** | **2675770** | **1** | **2627928** | **1** | **2567816** | **1** |
| J00-J99 | Krankheiten des Atmungssystems | 1086070 | 7 | 1088890 | 7 | 1035987 | 7 |
| **K00-K93** | **Krankheiten des Verdauungssystems** | **1777641** | **3** | **1736084** | **3** | **1718742** | **3** |
| L00-L99 | Krankheiten der Haut und der Unterhaut | 246942 | 16 | 239995 | 16 | 233276 | 16 |
| M00-M99 | Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems u. Bindegewebes | 1589775 | 5 | 1523927 | 5 | 1439927 | 5 |
| N00-N99 | Krankheiten des Urogenitalsystems | 948869 | 8 | 934813 | 9 | 908656 | 9 |
| O00-O99 | Schwangerschaft, Geburt und Wochenbett | 936854 | 9 | 942250 | 8 | 922466 | 8 |
| P00-P96 | Best. Zustände mit Ursprung in der Perinatalperiode | 182212 | 17 | 174471 | 17 | 167686 | 17 |
| Q00-Q99 | Angeborene Fehlbildung, Deformitäten, Chromosomenanomalie | 108505 | 20 | 106111 | 20 | 103253 | 20 |
| R00-R99 | Symptome und abnorme klinische und Laborbefunde | 751836 | 10 | 693522 | 10 | 653688 | 11 |
| S00-T98 | Verletzungen, Vergiftungen, andere Folgen äußere Ursachen | 1755071 | 4 | 1709480 | 4 | 1710768 | 4 |
| Z00-Z99 | Faktoren, die den Gesundheitszustand beeinflussen | 611456 | 12 | 621616 | 12 | 617430 | 12 |

Tabelle 18: Die Anzahl der Diagnosen der Krankenhauspatienten über 65 Jahre in Deutschland zwischen 2006 und 2008

***Online-Datenbank der Gesundheitsberichterstattung (GBE)***

Die Online-Datenbank der Gesundheitsberichterstattung (GBE) [149] des Bundes sammelt Gesundheitsdaten und Gesundheitsinformationen von vielen Erhebungen der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder in Deutschland. Die Anzahl der Krankheitsfälle wurde von der GBE gemäß den Unterkategorien aus der Tabelle der internationalen Klassifikation der Krankheiten (siehe Anhang C2.2.2, Tabelle 64) zusammengezählt. Im Gegensatz dazu unterscheidet die Analyse von GENESIS die Krankheitsfälle nur anhand der Hauptkategorien.

Nach Daten der Krankenhäuser von 2006 bis 2008 gehören Krankheiten des Kreislaufsystems zur Klasse der häufigsten Diagnosen bei Menschen über 65 Jahre (siehe Tabelle 19). Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems und des Bindegewebes kommen erst an zweiter Stelle, darunter sind Verletzungen durch äußere Ursachen, die die Funktion des Muskel-Skelett-Systems behindern können, z. B. die Fraktur des Femurs. Die Krankheitsklassen der Endokrine, Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten, wie z. B. Diabetes, sind bei älteren Menschen ebenfalls häufig.

[149] Vgl. http://www.gbe-bund.de/

| ICD10 Krankheitsklassen | 2008 | | 2007 | | 2006 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fälle | Rang | Fälle | Rang | Fälle | Rang |
| C34 Bösartige Neubildung der Bronchien und der Lunge | 110.214 | 15 | 109.789 | 14 | 104.267 | 13 |
| C67 Bösartige Neubildung der Harnblase | 73.351 | 20 | 71.866 | 21 | 69.458 | 22 |
| E11 Nicht primär insulinabhängiger Diabetes mellitus [Typ-II-Diabetes] | 126.084 | 10 | 124.369 | 9 | 120.204 | 10 |
| G45 Zerebrale transitorische ischämische Attacken und verwandte Syndrome | 80.870 | 19 | 76.022 | 20 | 78.069 | 19 |
| H25 Cataracta senilis | 85.505 | 18 | 87.464 | 18 | 87.408 | 16 |
| I10 Essentielle (primäre) Hypertonie | 127.353 | 9 | 114.409 | 12 | 104.712 | 12 |
| I20 Angina pectoris | 172.169 | 3 | 181.699 | 2 | 188.933 | 2 |
| I21 Akuter Myokardinfarkt | 143.771 | 5 | 144.47 | 5 | 140.573 | 4 |
| I25 Chronische ischämische Herzkrankheit | 131.868 | 8 | 132.287 | 7 | 130.739 | 6 |
| I48 Vorhofflattern und Vorhofflimmern | 154.518 | 4 | 146.275 | 4 | 132.494 | 5 |
| I50 Herzinsuffizienz | 311.283 | 1 | 296.547 | 1 | 279.756 | 1 |
| I63 Hirninfarkt | 174.874 | 2 | 166.187 | 3 | 156.877 | 3 |
| I70 Arteriosklerose | 118.876 | 13 | 112.64 | 13 | 103.878 | 14 |
| J18 Pneumonie, Erreger nicht näher bezeichnet | 125.778 | 11 | 123.54 | 10 | 125.299 | 8 |
| J44 Sonstige chronische obstruktive Lungenkrankheit | 121.252 | 12 | 117.708 | 11 | 105.261 | 11 |
| K80 Cholelithiasis | 88.677 | 17 | 88.132 | 17 | 84.561 | 17 |
| M16 Koxarthrose [Arthrose des Hüftgelenks] | 110.419 | 14 | 108.21 | 15 | 102.77 | 15 |
| M17 Gonarthrose [Arthrose des Kniegelenks] | 137.054 | 6 | 133.331 | 6 | 125.241 | 9 |
| R55 Synkope und Kollaps | 93.496 | 16 | 88.356 | 16 | 82.108 | 18 |
| S72 Fraktur des Femurs | 132.818 | 7 | 128.323 | 8 | 127.067 | 7 |

Tabelle 19: Die Fälle der häufigsten Diagnosen bei Menschen über 65 Jahre in Deutschland von 2006 bis 2008; Quelle: Online-Datenbank der Gesundheitsberichterstattung

Wenn man die ersten zehn Krankheiten beider Datenquellen nebeneinanderstellt (Tabelle 20), kann man am Ergebnis erkennen, dass die häufigsten Krankheitsdiagnosen in Deutschland die Krankheiten des Kreislaufsystems, Verletzungen, Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems, Krankheiten des Atmungssystems und Endokrine, Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten umfassen.

| ICD | GENESIS | GBE |
|---|---|---|
| I00-I99 | Krankheiten des Kreislaufsystems | I50 Herzinsuffizienz<br>I63 Hirninfarkt<br>I20 Angina pectoris<br>I48 Vorhofflattern und Vorhofflimmern<br>I21 Akuter Myokardinfarkt<br>I25 Chronische ischämische Herzkrankheit<br>I10 Essentielle (primäre) Hypertonie |
| C00-D48 | Neubildungen | - |
| K00-K93 | Krankheiten des Verdauungssystems | - |
| S00-T98 | Verletzungen, Vergiftungen, andere Folgen äußerer Ursachen | S72 Fraktur des Femurs |
| M00-M99 | Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems u. Bindegewebes | M17 Gonarthrose [Arthrose des Kniegelenkes] |
| F00-F99 | Psychische und Verhaltensstörungen | - |
| J00-J99 | Krankheiten des Atmungssystems | J18 Pneumonie, Erreger nicht näher bezeichnet |
| N00-N99 | Krankheiten des Urogenitalsystems | - |
| O00-O99 | Schwangerschaft, Geburt und Wochenbett | - |
| R00-R99 | Symptome und abnorme klinische und Laborbefunde | - |
| E00-E90 | Endokrine, Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten | E11 Nicht primär insulinabhängiger Diabetes mellitus [Typ-II-Diabetes] |

Tabelle 20: Der Vergleich der häufigsten Krankheiten zwischen beiden Datenbanken

## C2.3 Zusammenfassung der häufigsten Krankheiten bei Senioren

***Häufige Krankheiten***

Durch die von Kruse zugeordneten Funktionseinbußen in allen Organsystemen (siehe Tabelle 16)[150] kann man verstehen, dass, obwohl manche altersbedingten Veränderungen nicht zu Krankheiten führen, dennoch Fähigkeitseinbußen bei der Verrichtung alltäglicher Tätigkeiten auftreten. Die physische Fähigkeit der Muskulatur, ein Produkt zu bedienen, spielt im Alltag eine große Rolle. Das Nervensystem und die Sinnesorgane hingegen sind für die psychische Wahrnehmung und Entscheidung verantwortlich, sie sind bei Bedienung eines Produktes entscheidend.[151] Physische und psychische Fähigkeiten arbeiten zusammen, um auf weitere Aktivitäten schnell zu reagieren.[152] Es ist eine Tatsache, dass ältere Menschen einen Teil ihrer Fähigkeiten einbüßen, dennoch verringern sich zu erledigende Tätigkeiten im Alltag nicht. Die Fähigkeitseinbußen sind zwar nicht zu den Krankheiten zu rechnen, jedoch sollten sie während der Gestaltungsphase ebenfalls berücksichtigt werden.

Die Osteoporose ist nach Tesch-Römer und Wurm eine der vielen chronischen Erkrankungen bei älteren Menschen in der Kategorie der Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems.[153] Gemäß den beiden in dieser Arbeit gesammelten statistischen Berichten, GENESIS und GBE, sind Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems, wie die Arthrose des Kniegelenks und die Fraktur des Femurs, die häufigsten Krankheiten.[154] Diese Krankheiten beeinträchtigen offenbar die motorischen Fähigkeiten. Des

[150] Vgl. Kapitel C2, S. 55.
[151] Vgl. Kapitel C1.2, S. 46f.
[152] Vgl. Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 383.
[153] Vgl. Tesch-Römer, Clemens und Wurm, Susanne (2009), S. 12.
[154] Vgl. Kapitel C2.1, S. 54f.

Weiteren leiden ältere Menschen gleichzeitig an Einbußen bei der Muskulatur,[155] dadurch werden bestimmte Tätigkeiten erschwert.

Außer den Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems ist der Diabetes bedeutend. Nach Tesch-Römer und Wurm gehört der Diabetes zu den chronischen oder Mehrfacherkrankungen.[156] Massiv erhöhte Blutzuckerwerte, einhergehend mit vermehrtem Wasserlassen und Durstgefühl, werden allgemein als Hauptsymptome des Typ-2-Diabetes angesehen. Papanas und Maltezos stellten ein Forschungsergebnis vor, nach dem es noch einige oft übersehene Komplikationen beim Diabetes gibt, die ebenfalls alltägliche Arbeiten erschweren, wie z. B. eingeschränkte Gelenkbeweglichkeit, schnellender Finger, reduzierte Handkraft usw.[157]

Die Alzheimerkrankheit, an der immer mehr ältere Menschen leiden, wird den psychischen Krankheiten zugeordnet.[158] Die Symptome treten schrittweise mit der Zeit auf. Zunächst hat der Erkrankte Probleme mit dem Kurzzeitgedächtnis und leichte Beeinträchtigungen beim Sprachverständnis. Danach kommt es zu Sprachproblemen, wie Schwierigkeiten, einen Satz zu bilden oder ein richtiges Wort zu finden, aber auch Bewegungsstörungen bzw. Problemen mit der Koordination. Symptome der Alzheimerkrankheit beeinträchtigen nicht nur psychische Fähigkeiten, sondern in späteren Phasen der Krankheit auch physische Fähigkeiten.[159]

Krankheiten des Kreislaufsystems wie Herz- und Hirninfarkt verursachen bisweilen schwere Schäden, die Fähigkeiten im großen Maßstab hemmen können und die möglicherweise eine Pflege des Patienten erfordern, wenn dieser nicht mehr in der Lage ist, alltägliche Arbeiten zu verrichten.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich jedoch mit älteren Menschen, die noch genug Fähigkeiten haben, um sich selbst zu versorgen. Diese Benutzer brauchen noch keine Hilfe im alltäglichen Leben, sondern lediglich innovative Hilfsmittel, die ihre Lebensqualität verbessern.

Aus oben genannten Gründen können Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems, Diabetes und Alzheimer als bei Älteren am häufigsten vorkommende Krankheiten angenommen werden. Die Symptome und die dadurch beeinflussten Fähigkeiten der drei Krankheiten zeigen Tabelle 21, Tabelle 22 und Tabelle 23. Die Symptome der Krankheiten fließen beim Bewertungsprozess in das entwickelte Modell ein, um die Durchführbarkeit und Gebrauchstauglichkeit des Modells in Teil E zu überprüfen.

[155] Vgl. Tabelle 14, S. 55.
[156] Vgl. Tesch-Römer, Clemens und Wurm, Susanne (2009), S. 12.
[157] Vgl. Papanas, Nikolaos und Maltezos, Efstratios (2009), S. 155ff.
[158] Vgl. Europe, Alzheimer u.a. (2005), S. 12f.
[159] Vgl. Vas, Chicot J. u.a. (2001), S. 21f.

***Symptome der Krankheiten***

| Die Alzheimerkrankheit | Symptome | Beeinflusste Fähigkeiten |
|---|---|---|
| Frühphase | • Orientierungsstörung<br>• Gedächtnisstörung | Wahrnehmung<br>Entscheidung<br>Gedächtnis |
| Spätphase | • Bewegung (langsamere Bewegung, anhaltender Gang)<br>• Koordination (verringerter Gleichgewichtssinn)<br>• Sprechstörung<br>• Wahrnehmungsfähigkeit | Vestibuläres Wahrnehmungssystem<br>Kinästhetisches Wahrnehmungssystem<br>Koordination<br>Wahrnehmung |

Tabelle 21: Übersicht über die Symptome der Alzheimerkrankheit nach Kane und Vas[160]

| Die Krankheit des Muskel-Skelett-Systems- Arthrose | | |
|---|---|---|
| Körperteile | Symptome | Beeinflusste Fähigkeiten |
| Handgelenk | • Schmerz<br>• Steifigkeit<br>• Handgewebe vergrößert<br>• Handwurzelknochen geschwollen<br>• Deformität des Fingergelenks | • Hand- Kurbeln<br>• Hand- Schlagen<br>• Hand- Stoßen<br>• Hand- Ziehen<br>• Hand- Greifen<br>• Hand- Abwiegen<br>• Hand- Drucken<br>• Hand- Drehen<br>• Hand- Wischen |
| Kniegelenk | • Schmerz<br>• Steifigkeit weniger als 30 Minuten<br>• Krepitation<br>• Knochenauswuchs | • Knie-Beugen<br>• Knie-Mediale Drehung<br>• Knie-Laterale Drehung |
| Hüftgelenk | • Platz zwischen Gelenken verringert<br>• Knochenauswuchs an Hüftgelenkpfanne und Oberschenkelknochen | • Hüft- Beugen<br>• Hüft- Heranziehen<br>• Hüft- Abziehen<br>• Hüft-Innendrehung<br>• Hüft-Außendrehung |

Tabelle 22: Übersicht über die Symptome der Arthrosis nach Hazzard u. a.[161]

[160] Eigene Tabelle in Anlehnung an Kane, Robert L. u.a. (2004), S. 133. und Vas, Chicot J. u.a. (2001), S. 21f.
[161] Eigene Tabelle in Anlehnung an Hazzard, William u.a. (2003), S. 963.

| Diabetes | Symptome | Beeinflusste Fähigkeiten |
|---|---|---|
| Symptome | • Starker Durst<br>• Vermehrtes Wasserlassen<br>• Müdigkeit und Leistungsabfall<br>• Gewichtsabnahme<br>• Heißhunger<br>• Neigung zu Infektionen<br>• Schlecht heilende Wunden<br>• Wadenkrämpfe<br>• Sehstörungen | • Muskel- Isometrische Kontraktion<br>• Muskel- Konzentrische Kontraktion<br>• Muskel- Exzentrische Kontraktion<br>• Visuelles Wahrnehmungssystem |
| Komplikation | • Eingeschränkte Gelenkbeweglichkeit<br>• Schnellender Finger<br>• Reduzierte Handkraft | • Hand- Kurbeln<br>• Hand- Schlagen<br>• Hand- Stoßen<br>• Hand- Ziehen<br>• Hand- Greifen<br>• Hand- Abwiegen<br>• Hand- Drucken<br>• Hand- Drehen<br>• Hand- Wischen |

Tabelle 23: Übersicht über die Symptome des Diabetes [162]

[162] Eigene Tabelle in Anlehnung an International Diabetes Federation http://www.diabetesatlas.org/content/what-is-diabetes & http://www.idf.org/complications-diabetes & WHO (2006), S. 7.; und Papanas, Nikolaos und Maltezos, Efstratios (2009), S. 160f.

## C3 Arbeitswissenschaftliche Methoden zur nutzergerechten Produktentwicklung

Die in das Modell integrierten Methoden wurden gemäß Kundenanforderungsmanagement und den festgelegten sieben Faktoren beim Entwicklungsprozess festgestellt und in Tabelle 24 dargestellt. Die erste Spalte listet die drei aufeinanderfolgenden Phasen des Kundenanforderungsmanagements auf. Die mittlere Spalte listet die entsprechenden Methoden auf, die zu jeder Phase des Kundenanforderungsmanagements verwendet werden. Die letzte Spalte gibt drei der insgesamt sieben benötigten Faktoren an (Benutzer, Tätigkeit und Produkt), die für den Entwicklungsprozess in der jeweiligen Phase berücksichtigt werden sollen, wieder. In den folgenden Abschnitten werden die Besonderheiten der einzelnen Methoden erläutert.

| Drei Phasen des Kundenanforderungsmanagements | Methoden | Sieben Faktoren |
|---|---|---|
| Anforderungserhebung | Hierarchieanalyse | Benutzer<br>Tätigkeit<br>Produkt |
| | House of Quality | Benutzer<br>Tätigkeit<br>Produkt |
| | Krankheits-Fähigkeits-Matrix | Benutzer |
| Anforderungsanalyse | Ereignisbaumanalyse und Fehlerbaumanalyse | Benutzer<br>Produkt<br>Tätigkeit |
| | Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse | Produkt |
| Anforderungsspezifikation | Morphologischer Kasten | Produkt |
| | Flussdiagramm | Produkt |

Tabelle 24: Vom Prozess des Kundenanforderungsmanagements abgeleitete Methoden

### C3.1 Hierarchieanalyse

Die Definition des Produktes vor dem eigentlichen Entwurf fällt dem Entwickler bzw. dem Hersteller stets schwer. Eine der Schwierigkeiten bei der Definition liegt in der falschen Darstellung der Anforderungen auf der Kundenseite in der Frühphasenentwicklung. Deswegen benötigt man beim Entwicklungsprozess eine Methode, mit der die Kundenwünsche deutlich und konkret in die Sprache des Kunden übersetzt werden können. Die hierarchieförmige Struktur kann durch die Aufgliederung der Tätigkeit implizierte Inhalte ergeben.

In dem Modell der Aufgabenzerlegung (Task Decomposition), die von Kirwan und Ainsworth in ihrem Bericht vorgestellt wurde,[163] wurde auch eine Hierarchieanalyse (HTA, Hierarchical Task Analysis)

[163] Vgl. Kirwan, B. und Ainsworth, L. K.(hrsg) (1992), S. 396.

angewendet, um Klarheit über die Beschreibung der verschiedenen Teiltätigkeiten abzubilden.[164] Eine andere ähnliche Methode, „The Analytic Hierarchy Process“ (AHP), wurde von Fukuda und Matsuura benutzt, um die Anforderungen des Kunden zu priorisieren.[165] Auch Fung und Popplewell haben vorgeschlagen, die Anforderungen des Kunden beim Vorverarbeiten der Produktentwicklung zunächst mit der KJ-Methode[166] zu kategorisieren und dann mit der AHP-Methode zu priorisieren, um den folgenden Prozess der Produktentwicklung zu ermöglichen.[167]

Die „Function Attributes Hierarchy“ (FAH) wurde ebenso von Khoo[168] als Hierarchieanalyse verwendet, um funktionelle Eigenschaften von Produkten aufzuschlüsseln. Durch dieses Herunterbrechen auf elementare Funktionen können Produktkonzepte und Gestaltungsspezifikationen aus Anwender- sowie Entwicklersicht verstanden werden. Innerhalb dieser Strukturierung einzelner Elemente des Produkts werden deren Eigenschaften und Vorteilhaftigkeiten vollständig bestimmt.

Der Eigenschaft dieser hierarchieförmigen Struktur nach ist die Hierarchieanalyse für das vollständige Verständnis des Kunden sowie des Benutzers geeignet. In der vorliegenden Arbeit kann diese Analyse eine objektive Darstellung des Benutzers bieten, mit der die Besonderheit einer bestimmten Zielgruppe von den Benutzern während der frühen Phase der Entwicklung hervorgehoben werden kann. Wegen dieser Besonderheit der Hierarchieanalyse können Forderungen an Fähigkeiten des Benutzers zur Ausführung einer Tätigkeit aufgelistet und dadurch hervorgehoben werden.

Ausgehend von der Gestaltung der Hierarchieanalyse kann diese Methode auf die Tätigkeiten des täglichen Lebens (Activities of Daily Living, ADL)[169] übertragen werden. Diese von Katz entwickelte Reihe von Tätigkeiten zu Hause wurde auch von anderen Forschungen als eine Referenz zur Auswertung der Behinderung mehrmals angewendet.[170] Tätigkeiten des täglichen Lebens sind beispielsweise baden, duschen, ankleiden, essen, auf die Toilette gehen, laufen. In dieser Dissertation werden aufgrund ihrer Bedeutsamkeit zunächst diejenigen Tätigkeiten betrachtet, die im Badezimmer verrichtet werden. In der Hierarchieanalyse wird eine Tätigkeit mit ihren Teiltätigkeiten spezifischen Körperfunktionalitäten gegenübergestellt, woraus die Anforderungen an den Bewegungsapparat abgeleitet werden können.

Gitlin u. a. haben in ihrem Forschungsbericht wesentliche Geräte im Badezimmer definiert, wie z. B. Dusche, Toilette, Waschbecken, sowie Hilfsmittel wie Badematte, Griff, Duschhocker, Duschvorhang etc.[171] Gemäß dieser Informationen kann man Produkte im Badezimmer in der Struktur der Hierarchieanalyse festlegen. Die komplette Struktur der Hierarchieanalyse ist in Abbildung 26 dargestellt.

[164] Vgl. Stanton, Neville A. (2006), S. 62f.
[165] Vgl. Fukuda, Shuichi und Matsuura, Yoshifusa (1993), S. 15.
[166] Die KJ-Methode ist eine Kreativitätstechnik, die von dem japanischen Anthropologen Jiro Kawakita 1967 eingeführt wurde.
[167] Vgl. Fung, R.T.K. und Popplewell, K. (1995), S. 289.
[168] Vgl. Khoo, Li Pheng u.a. (2002), S. 158f.
[169] Vgl. Restrepo, Adriana und RN, MSN (1999), S. 24.
[170] Vgl. Dunlop, D D u.a. (1997), S. 378.
[171] Vgl. Gitlin, Laura N u.a. (1999), S. 144.

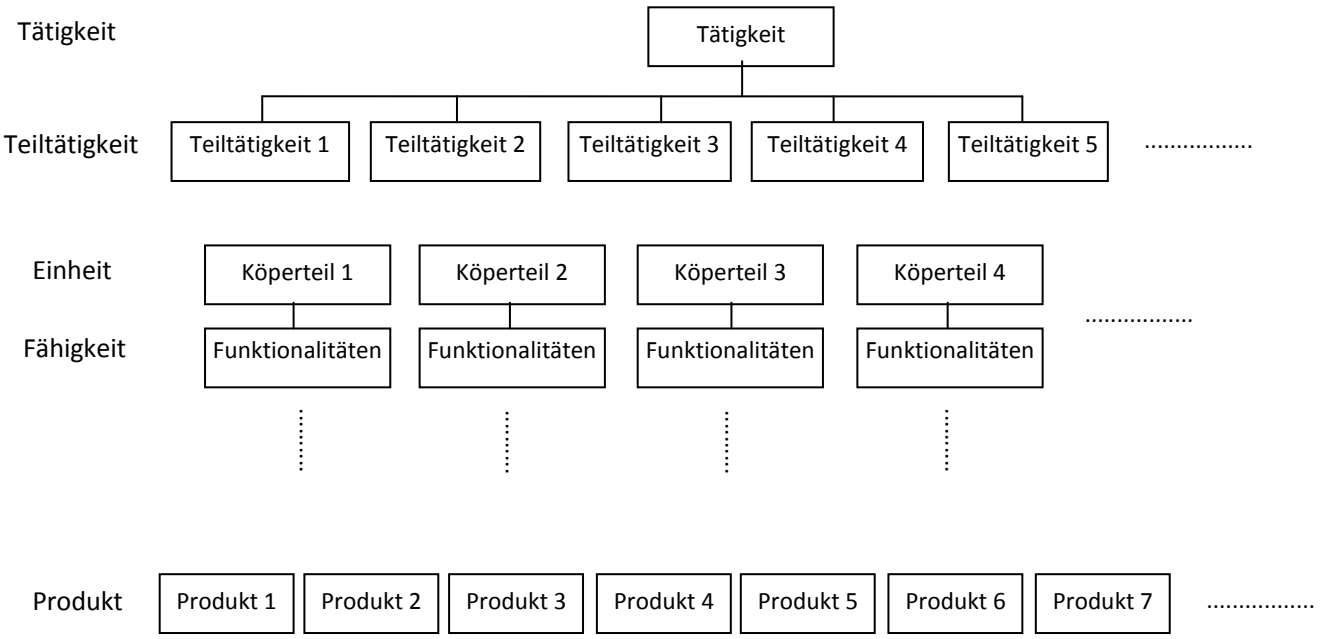



Abbildung 26: Die Struktur der Hierarchieanalyse im täglichen Leben (ADL) in der vorliegenden Arbeit[172]

## C3.2 House of Quality

Die House-of-Quality-Methode, die vom „Quality Function Deployment“ (QFD) abgeleitet ist, bildet eine konzeptionelle Abbildung für den Entwicklungsprozess, welche zum Verständnis des Bedürfnisses der Kunden und zur Feststellung der Priorität von funktionellen Spezifikationen dient. Dadurch können Anforderungen der Kunden in entsprechende technische Anforderungen für alle Stufen der Produktentwicklungen und Produktion überführt werden.[173] Der QFD-Prozess besteht aus vier aufeinander aufbauenden Schritten (Abbildung 27). Dabei wird ein jeweiliges „House of Quality“ für jede Phase erstellt. In der ersten Phase werden die Kundenanforderungen in Produkt-Charakteristika überführt, welches den Input für die nachfolgende Phase des ganzen Prozesses liefert.[174] Besonders ist die erste Phase der House-of-Quality-Methode für das Verständnis der Kundenanforderungen in der vorliegenden Arbeit geeignet.

[172] Eigene Abbildung
[173] Vgl. Jiao, Jianxin (Roger) und Chen, Chun-Hsien (2006), S. 178.
[174] Vgl. Bouchereau, Vivianne und Rowlands, Hefin (2000), S. 9f.

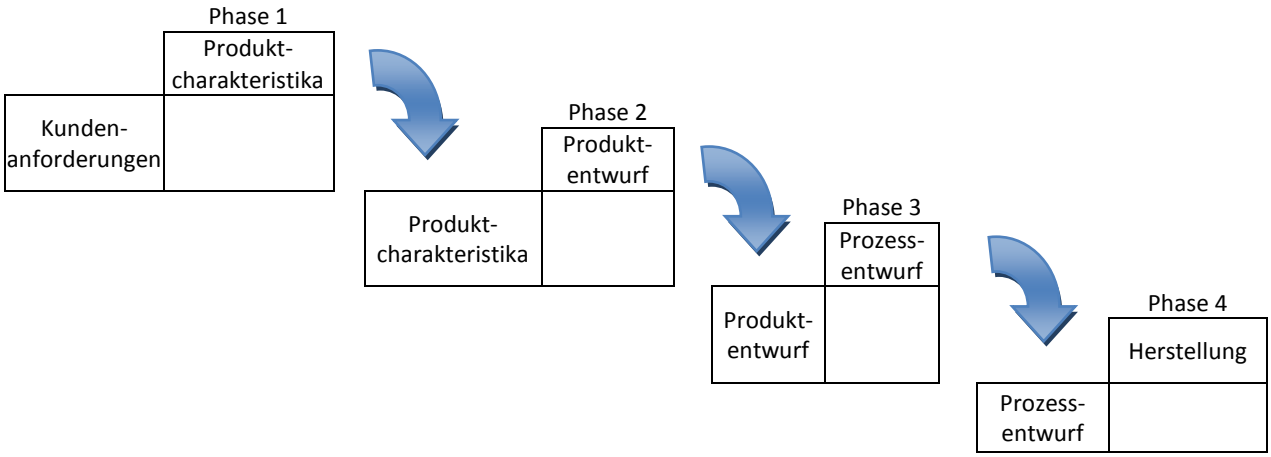



Abbildung 27: Wasserfallstruktur des QFDs nach Bouchereau und Rowlands

Die Vorgehensweise bei einer House-of-Quality-Analyse ist in Abbildung 28 dargestellt. Die aus allen Bereichen ermittelten Kundenwünsche werden in der Spalte 1 aufgelistet, daraus können die zukünftigen Verkaufsschwerpunkte in der Spalte 2 abgeleitet werden. Diese Kundenwünsche werden dann in technische und durchführbare Anforderungen in die Spalte 3, Zeile 1 übertragen. Die Abhängigkeiten zwischen Kundenanforderungen (1) und Qualitätsmerkmalen (3) werden in der Beziehungsmatrix (4) durch Symbole dargestellt und bewertet. Daraus kann anschließend die Servicegewichtung (5) abgeleitet werden. Die technische Designanforderung bzw. Merkmal des Produktes kann durch Werte oder andere Kenngrößen (6) dargestellt werden.[175]

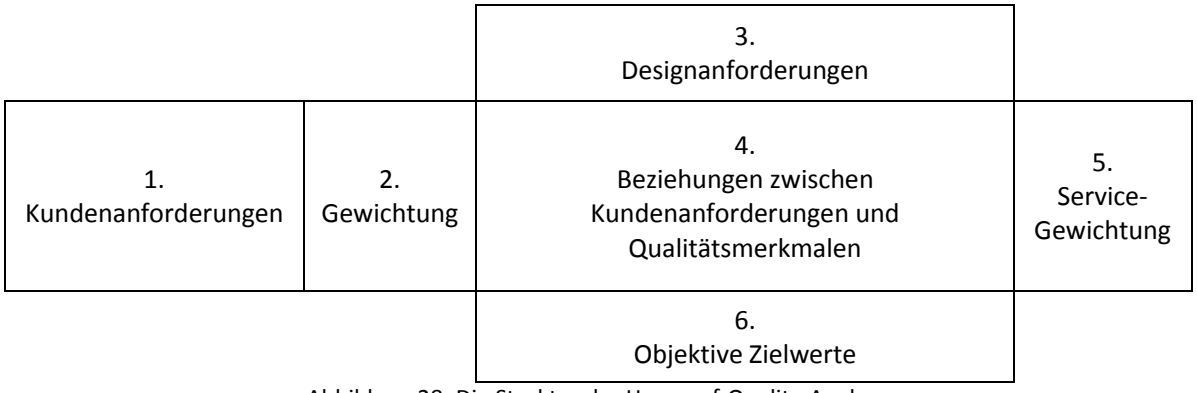



Abbildung 28: Die Struktur der House-of-Quality-Analyse

[175] Vgl. Kamiske, Gerd F. und Brauer, Jörg-Peter (2007), S. 247f.

Eine präzise und priorisierte Kundenanforderung in der frühen Phase der Entwicklung ist die Voraussetzung für einen perfekten Produktentwurf, der exakte Informationen über den Benutzer bietet.[176] Diese Informationen sind auch für die Expertengruppe in der Entwurfsphase sehr nützlich, um die Priorität der Anforderungen des Kunden klar zu erkennen. Aus diesem Grund wird die House-of-Quality-Methode in dieser Arbeit als eine einführende Methode des Modells genommen.
Innerhalb des QFD-Konzeptes wurde der ersten Phase, der Übersetzung der Kundenbedürfnisse, in der ganzen Analyse besondere Aufmerksamkeit gewidmet, da sie der Anfangspunkt der Analyse ist. Gemäß der Forderung dieser Arbeit wird nur die erste Phase der vier Prozesse übernommen, um die Anforderungen an die Leistungsfähigkeiten bei den alltäglichen Tätigkeiten zu untersuchen. Abbildung 29 zeigt, wie in der vorliegenden Arbeit bei der House-of-Quality-Methode vorgegangen wurde.

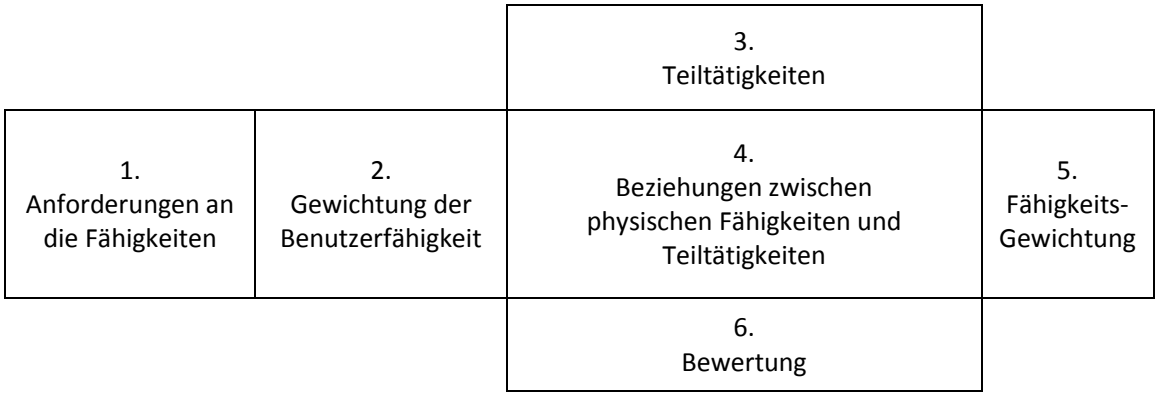



Abbildung 29: Festgestellter Inhalt der House-of-Quality-Methode in der vorliegenden Arbeit

Um die Stärke der Beziehung zwischen den Kundenanforderungen und Designanforderungen zu beschreiben, wurden Symbole verwendet. Jedes Symbol entspricht einer Bewertung. So stellt ein Punkt die höchste Bewertung (9) dar, ein Dreieck die schwächste (1) und ein Kreis eine mittlere (3)[177] (siehe Tabelle 25).

| Symbol | Beziehung | Bewertung |
|---|---|---|
| Dreieck △ | Schwäche | 1 |
| Kreis ○ | Mittel | 3 |
| Punkt ● | Stärke | 9 |

Tabelle 25: Symbol zur Darstellung der Beziehung in der Matrix nach Govers

[176] Vgl. Harding, J. A. u.a. (2001), S. 54.
[177] Vgl. Govers, C.P.M. (1996), S. 579f.

## C3.3 Krankheits-Fähigkeits-Matrix

Um das nutzerorientierte Konzept ins Modell zu integrieren, muss der Gesundheitszustand des jeweiligen Benutzers in Betracht gezogen werden. Aus diesem Grund muss eine Methode entwickelt werden, mit der der aktuelle Zustand der Fähigkeiten des Benutzers in einer Matrix durch eine Skala dargestellt werden kann. Diese Skala kann dann für das House of Quality als eine Gewichtung der Benutzerfähigkeit dienen, um die Bedeutsamkeit der Anforderung an die Fähigkeit des Benutzers zu betonen.

In der Krankheits-Fähigkeits-Risikomatrix werden Krankheiten sowie die Skala der Fähigkeiten in der Beziehungsmatrix gegenübergestellt (Abbildung 30). Die Fähigkeiten, die der Benutzer für das Ausführen einer Tätigkeit braucht, und häufige Krankheiten, an denen ältere Menschen leiden, wurden jeweils in Teil C1 und C2 festgelegt.

| | Fähigkeiten |
|---|---|
| Häufige Krankheiten | Beziehungsmatrix |

Abbildung 30: Die Darstellung des Gesundheitszustands des Benutzers durch eine Matrix

## C3.4 Ereignisbaumanalyse und Fehlerbaumanalyse

Die Ereignisbaumanalyse gehört zu einem induktiven Verfahren, durch sie kann ein mögliches Verhalten und dessen Folge ermittelt werden. Die beiden Verfahren werden als baumartige Diagramme dargestellt und können bei der Analyse eines Systems angewendet werden. Einen Vergleich der beiden Verfahren zeigt Tabelle 26.

Die Fehlerbaumanalyse ist ein grafisches Verfahren, das ursprünglich entwickelt wurde, um komplexe Systeme, wie sie in der Luft- und Raumfahrt vorkommen, zu analysieren.[178] Diese Analyse ist eine Art der Rückwärts-Suche, die zu den deduktiven Verfahren gehört, um die Ursache eines Fehlers herauszufinden.

[178]Vgl. Stanton, Neville A. (2006), S. 131.

| | Ereignisbaumanalyse | Fehlerbaumanalyse |
|---|---|---|
| Form | Baumartiges Diagramm | |
| Anmeldung | Systemanalyse | ✓ Zurückblickende Fallanalyse<br>✓ Prognose eines Fehlers in einem bestimmten Fall |
| Analyseverfahren | Induktives Verfahren | Deduktives Verfahren |
| Vorstellung | ✓ Mögliches Verhalten<br>✓ Dessen Folge | ✓ Fehler<br>✓ Ursache |
| Darstellung | ✓ Dieser Ereignisbaum wird von rechts nach links gezeichnet<br>✓ Ein Ereignis besteht aus Abzweigungen, dem erfolgreichen Verhalten und dessen Scheitern | ✓ Ein Fehlerereignis steht oben auf dem Diagramm<br>✓ Die Ursache steht unten |
| Identifikation | Potenzieller Fehler innerhalb eines Systems | Ein Fehlerereignis und seine möglichen Ursachen |

Tabelle 26: Vergleich der beiden baumartigen Analysen[179]

Obwohl die beiden baumartigen Analysemethoden viele Gemeinsamkeiten aufweisen, werden sie in jeweils unterschiedlichen Situationen angewandt. Mit der Fehlerbaumanalyse können Ursachen eines Fehlers gefunden werden, um künftig einen ähnlichen Fehler zu vermeiden. Diese Methode kann durch die Ermittlung der Ursachen als Prognoseverfahren für mögliche Fehler gelten.

Am Anfang der Fehlerbaumanalyse muss man sich zunächst auf mögliche Fehler konzentrieren und anschließend die Ursachen untersuchen. Eine detaillierte Untersuchung zur Findung weniger offensichtlicher Fehler kann dennoch notwendig sein. Im Gegensatz dazu werden alle möglichen Verhalten und Folgen in der Ereignisbaumanalyse am Anfang aufgelistet. Durch diesen Prozess können potenzielle Fehler entdeckt werden. Aus diesem Grund wird die Ereignisbaumanalyse in der vorliegenden Arbeit zuerst durchgeführt, um die Folgen zu ermitteln, die durch die möglichen eingeschränkten Fähigkeiten verursacht werden. Wenn eine mögliche Folge durch die Analyse gefunden wird, kann die Ursachenanalyse von der Fehlerbaumanalyse ergänzend durchgeführt werden ( Abbildung 31).

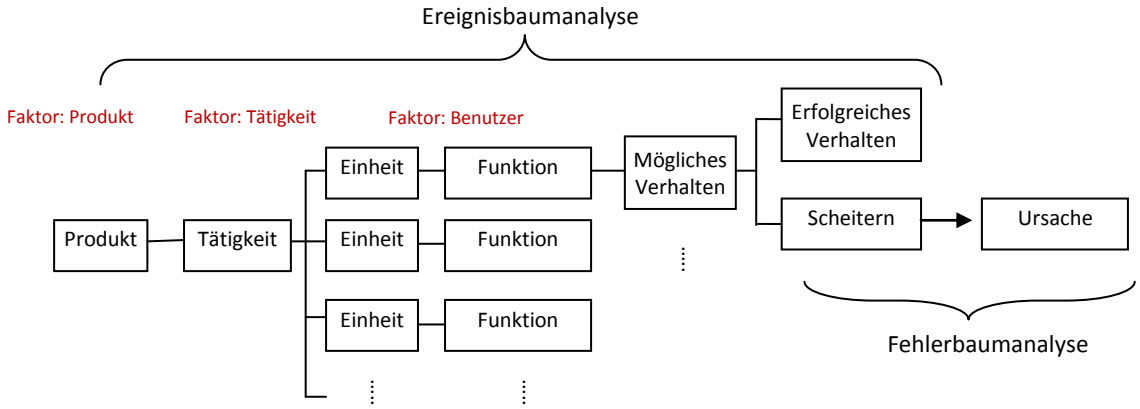



Abbildung 31: Struktur der Kombination der beiden baumförmigen Methoden

[179] Vgl. Ebenda, S. 23 und 131.

## C3.5 Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse

Die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA, Failure Mode and Effects Analysis) ist eine verlässlich anwendbare, qualitative Methode zur systematischen Analyse und Identifikation von Fehlerpotenzialen und zugehörigen Risiken.[180]

Man kann unter den Ergebnissen der FMEA die Ursache und deren Wirkung bei Ausfall jeder Komponente eines Systems verstehen. Die FMEA wurde bei der Entwicklung eines neuen Produktes angewendet. Durch Nutzung der FMEA können Produktkomponenten analysiert und danach gemäß dem Risiko modifiziert werden. Dadurch kann man einschätzen, ob die Produkte einerseits wie geplant produziert werden, und ob sie andererseits den Ansprüchen von älteren Benutzern gerecht werden.

Ein FMEA-Formblatt besteht aus vier Blöcken, die man weiter in eine detaillierte Analyse unterteilen kann: Fehleranalyse, Risikobeurteilung, Lösungsmöglichkeiten bzw. Maßnahmenvorschläge sowie Ergebnisbeurteilung.[181]

| Konstruktions-komponente: | Funktion : | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mögliche Fehler | | | Derzeitiger Zustand | | | | | Empfohlene Maßnahmen | | Verbesserter Zustand | | | | |
| | Art | Auswirkung | Ursache | Vermeidungs-maßnahmen | A | B | E | RPZ | Aktivität | V/T | Getroffene Maßnahmen | A | B | E | RPZ |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Risikobeurteilung
Ergebnisbeurteilung
Fehleranalyse
Lösungs-möglichkeiten

B= Bewertungsfaktor für die Bedeutung
A= Bewertungsfaktor für das Auftreten
E= Bewertungsfaktor für die Entdeckbarkeit
RPZ= Risikoprioritätszahl RPZ=B*E*A
V/T=Verantwortlichen und Realisierungstermin

Tabelle 27: FMEA-Formblatt nach Kamiske & Brauer[182]

[180] Vgl. Bertsche, Bernd und Verein Deutscher Ingenieure (2008), S. 98f.
[181] Vgl. Kamiske, Gerd F. und Brauer, Jörg-Peter (2007), S. 69f.
[182] Vgl. Ebenda, S. 69f.

***Fehleranalyse***[183]

Zuerst werden mögliche Fehler nach Art oder Ort, mögliche Auswirkungen und Ursachen aufgelistet. Diese Informationen, die von den beiden baumartigen Analysemethoden stammen, sind ein zentrales Ergebnis der Risikoanalyse in der FMEA.

***Risikobeurteilung***[184]

Anhand der gefundenen Fehler können die Wahrscheinlichkeit und die Bedeutung jedes Fehlers abgeschätzt werden. Jeder Fehler wird durch die Wahrscheinlichkeit des Auftretens, die Bedeutung der Folgen eines Fehlers und die Wahrscheinlichkeit für die Entdeckung des Fehlers quantifiziert. Die berechnete Punktewertung, die sogenannte Risikoprioritätszahl (RPZ) zur Risikobeurteilung, wird auf einer Skala von 1 (keine Risiko) bis 10 (hohes Risiko) dargestellt.[185] Dabei werden Kontrollmaßnahmen entwickelt, die entweder die potentiellen Fehler entdecken oder die Auswirkungen des Fehlers verringern können.

***Lösungsmöglichkeiten bzw. Maßnahmenvorschläge***[186]

In diesem Teil werden mehrere auf Fehlervermeidung abziehende Lösungsvorschläge zu jedem hohen Wert der Risikoprioritätszahl entwickelt und aufgelistet, um eine notwendige Konzeptverbesserung zu bieten und das Risiko zu vermeiden.

Die von diesem Teil entwickelten Maßnahmenvorschläge sind meistens die Mehrzahl, weswegen man noch eine andere Methode anwendet, um den optimalen Vorschlag festzustellen. Der morphologische Kasten, eine Methode zur Identifizierung neuer Produkteigenschaften, wird deshalb angewendet und in den folgenden Abschnitt weiter erklärt.

***Ergebnisbeurteilung***[187]

Nach der Durchführung der entsprechenden planerischen Lösungsvorschläge wird die Ergebnisbeurteilung zum Vergleich zwischen vorherigem und verbessertem Zustand erneut durchgeführt.

[183] Vgl. Ebenda, S. 69f.
[184] Vgl. Ebenda, S. 69f.
[185] Vgl. Herrmann, Joachim und Fritz, Holger (2011), S. 179.
[186] Vgl. Kamiske, Gerd F. und Brauer, Jörg-Peter (2007), S. 69f.
[187] Vgl. Ebenda, S. 69f.

## C3.6 Morphologischer Kasten

Der morphologische Kasten ist eine Methode zur Identifizierung neuer Produkteigenschaften durch das Aufzeigen aller verschiedenen realisierbaren Alternativen bzw. Merkmale. Hauptsächliches Einsatzgebiet der morphologischen Analysen ist die Vorhersage im Bereich der Technologie sowie die Entwicklung neuer Produkte.[188]

Ein morphologischer Kasten besteht aus Parametern (Merkmalsarten) und deren Ausprägungen (Merkmale). In der linken Spalte einer Tabelle werden die Parameter angeordnet und deren verschiedene Ausprägungen rechts daneben aufgelistet.

| Produkt: |
|---|

| Parameter | Parameterausprägung | | | |
|---|---|---|---|---|
| Parameter 1 | Ausprägung 1 | Ausprägung 2 | Ausprägung 3 | Ausprägung 4 |
| Parameter 2 | Ausprägung 1 | Ausprägung 2 | Ausprägung 3 | Ausprägung 4 |
| Parameter 3 | Ausprägung 1 | Ausprägung 2 | Ausprägung 3 | Ausprägung 4 |
| Parameter 4 | Ausprägung 1 | Ausprägung 2 | Ausprägung 3 | Ausprägung 4 |
| Parameter 5 | Ausprägung 1 | Ausprägung 2 | Ausprägung 3 | Ausprägung 4 |
| Parameter 6 | Ausprägung 1 | Ausprägung 2 | Ausprägung 3 | Ausprägung 4 |

Abbildung 32: Morphologischer Kasten mit der Darstellung der Vorgehensweise zu den Lösungsvarianten

Um die Bestimmung der Kombination festzustellen, werden alle Ausprägungen der jeweiligen Parameter miteinander verknüpft. Jede Kombination wird als eine Lösungsvariante betrachtet. Die Anzahl der Lösungsvarianten ist von zwei wesentlichen Kriterien abhängig: der Anzahl der Einzellösungen in den Zeilen und der Verträglichkeit der Elemente.[189]

Mithilfe des morphologischen Kastens können mögliche Ausprägungen dargestellt werden und zahlreiche mögliche Lösungen entstehen. Die möglichen Lösungen bestehen aus realistischen und unrealistischen Kombinationsmöglichkeiten, die durch die Visualisierung abgegrenzt werden, somit kann sich die Lösungszahl deutlich reduzieren.

Bei Abschluss dieses Modells wird ein Produkt für ältere Benutzer durch das Ergebnis des morphologischen Kastens entworfen bzw. ein bestehendes Produkt weiterentwickelt, bei dem Ausprägungen Einschränkungen der Benutzer entsprechen.

[188] Vgl. The Futures Group (1994), S. 1.
[189] Vgl. Naefe, Paul (2009), S. 73f.

## C3.7 Flussdiagramm

Ein Flussdiagramm zeigt grafisch strukturiert ausgeführte Einzeltätigkeiten und Entscheidungen innerhalb ihrer Abfolge in einem informationsverarbeitenden System. [190] Alle Einzeltätigkeiten werden in ihrem Arbeitsablauf durch Symbole als logische Folge dargestellt. Die Darstellungssymbole in Flussdiagrammen haben einen Anfangs- und einen Endpunkt. Die Form eines Rechteckes stellt das Prozesstätigkeitssymbol dar und eine Raute bezeichnet einen Entscheidungspunkt. Alle Symbole werden durch Pfeile miteinander verbunden, um die Abfolge des Prozesses abzubilden.[191]

Diese Methode wurde für ein Mittel zur Darstellung des bestehenden Ist-Zustands und zum Aufdecken von Verbesserungsmöglichkeiten gehalten, da man durch eine Analyse der Struktur eines Prozesses Schwierigkeiten erkennen kann.[192] Es empfiehlt sich, dass diese Analyse von einer Gruppe erstellt wird, die sich mit dem betreffenden Prozess gut auskennt.

Die Diagramme werden dazu genutzt, die Benutzerwahrnehmung und Handhabung aller Funktionsumfänge des Produkts aufzunehmen und zu simulieren. Innerhalb dieser Methode ist es möglich, die Nützlichkeit eines Produktes in Bezug auf die körperlichen Einschränkungen der Zielgruppe abzuschätzen, dadurch kann die Folge gemäß dem Analyseergebnis wieder zum Verbesserungsprozess zurückkehren oder zur Realisierung des erneuerten Produkts.

Darüber hinaus kann das Flussdiagramm ebenfalls als eine Methode zur Entscheidung für beide oder mehre Produktentwicklungen verwendet werden. Aus der Komplexität der Darstellung im Flussdiagramm kann man bestimmen, welche Lösung optimal ist, wie in Abbildung 33 gezeigt. Die Komplexität einer Tätigkeit kann von der Anzahl der Entscheidungspunkte und der Einzeltätigkeiten abhängen. Je mehr Entscheidungspunkte es während eines Prozesses gibt, umso komplexer ist eine Tätigkeit für den Benutzer, denn an jedem Entscheidungspunkt benötigt er Zeit, um über den nächsten Schritt nachzudenken, was vor allem auf ältere Benutzer zutrifft, da sie langsamer sind, was Erinnerung, Überlegung und Entscheidung angeht.[193]

[190] Vgl. Herrmann, Joachim und Fritz, Holger (2011), S. 142.
[191] Vgl. Seibert, Siegfried (1998), S. 33f.
[192] Vgl. Ebenda, S. 33f.
[193] Vgl. Kapitel C2.1, S. 44.

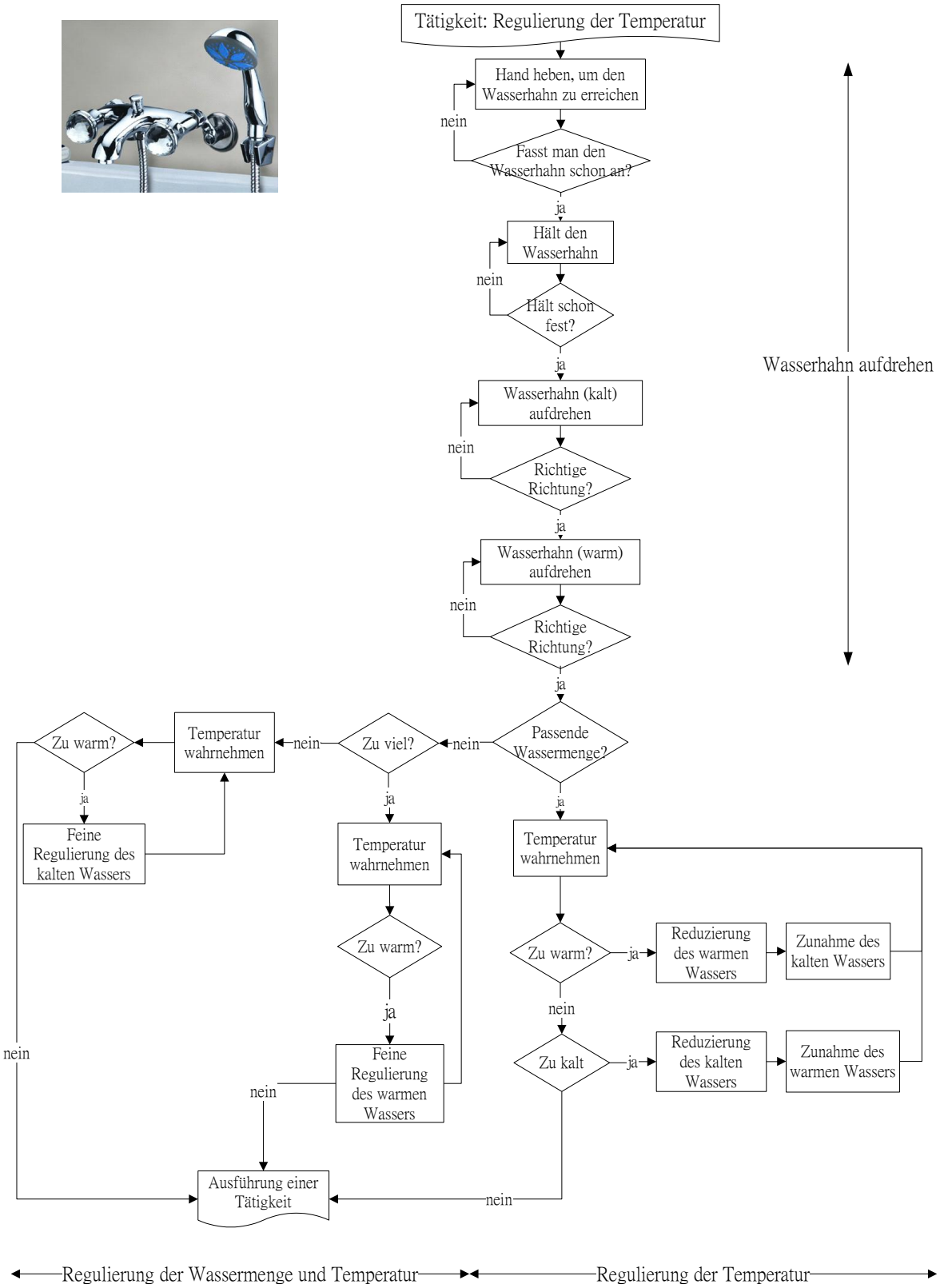



Abbildung 33: Finden einer besseren Lösung durch die Übersicht und den Vergleich zweier Flussdiagramme[194]

[194] Eigene Abbildung

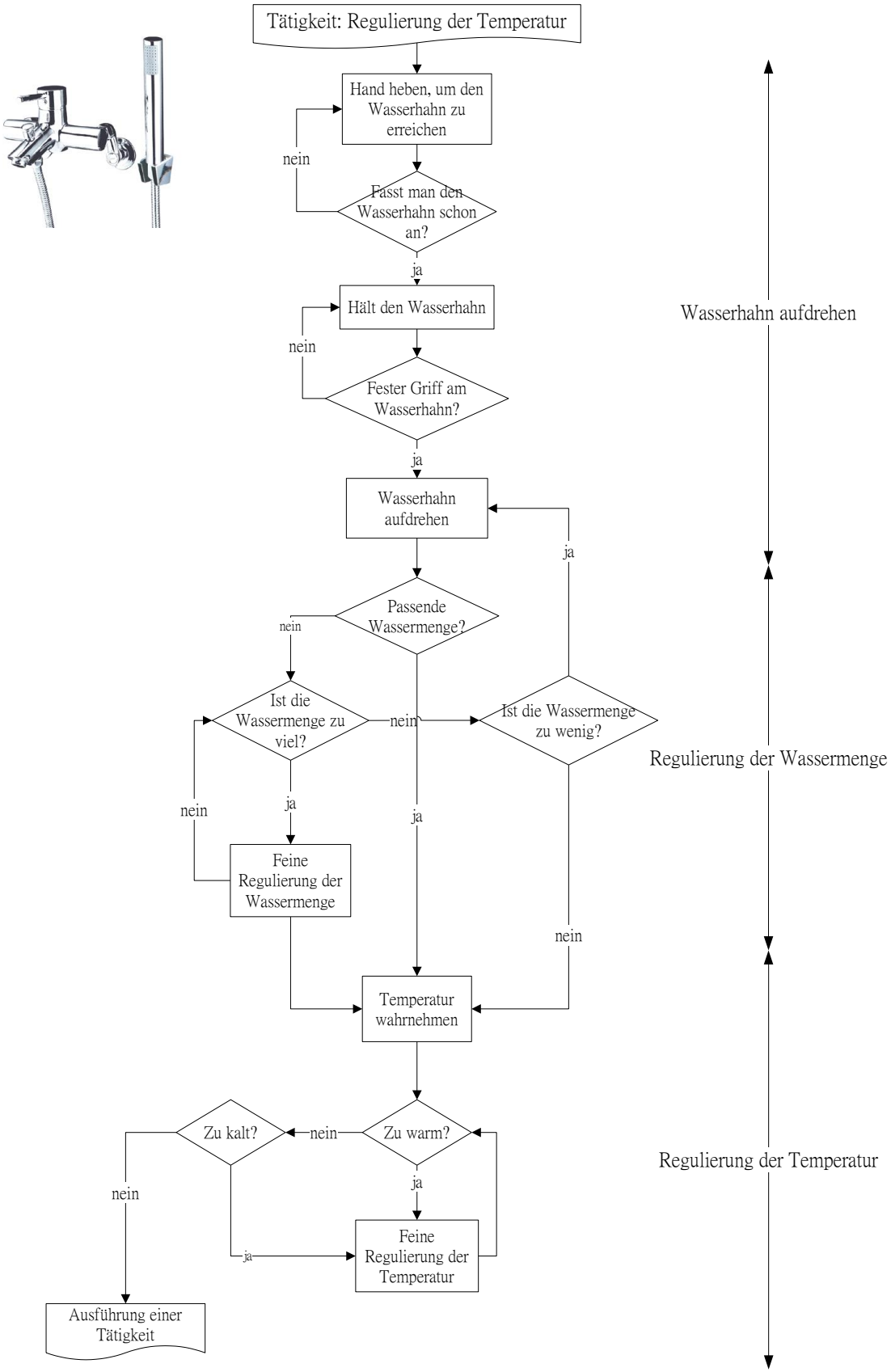



Abbildung 33: Finden einer besseren Lösung durch die Übersicht und den Vergleich zweier Flussdiagramme [195](Fortsetzung)

[195] Eigene Abbildung

## Zusammenfassung von Teil C

In Kapitel C1 werden zuerst die menschlichen Fähigkeiten für die Erledigung einer Tätigkeit als wesentliche Kenntnis für eine nutzerzentrierte Produktentwicklung erläutert. Dabei werden diese Fähigkeiten in der Hierarchieanalyse als wesentlicher Inhalt der Struktur dargestellt. Anschließend erfolgt die Analyse der gesundheitlichen Situation von Senioren. Durch diese Analyse kann man häufige Krankheiten, an denen älteren Menschen leiden, und deren Symptome feststellen. Danach werden durch die Symptome verursachte Einschränkungen bzw. beeinflusste Fähigkeiten hervorgehoben. Diese Informationen sind für die Entwicklung eines Modells zur benutzerorientierten Produktentwicklung hilfreich.

Im folgenden Prozess werden arbeitswissenschaftliche Methoden ausgewählt, die in das in dieser Arbeit zu entwickelnde Modell integriert werden. Diese Methoden werden mit Rücksicht auf das Kundenanforderungsmanagement und die drei wesentlichen festgelegten Faktoren beim Entwicklungsprozess ausgewählt und festgelegt. Das Durchführungsverfahren dieser arbeitswissenschaftlichen Methoden wird dann in Teil D weiter verdeutlicht.

# D Synthese der Methoden zu einem Modell zur nutzergerechten Produktentwicklung

Inhalt und Aufbau von Teil D:

D1 Methoden in der Phase der Anforderungserhebung (S. 80)

D1.1Hierarchieanalyse mit ADL (S. 80)

D1.2 Krankheits-Fähigkeits-Matrix (S. 82)

D2 Methoden in der Phase der Anforderungsanalyse (S. 87)

D2.1House of Quality (S.87)

D2.2Ereignisbaumanalyse & Fehlerbaumanalyse (S. 95)

D3 Methoden in der Phase der Anforderungsspezifikation (S. 104)

D3.1Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (S. 104)

D3.2Morphologischer Kasten (S.113)

D3.3Flussdiagramm (S. 118)

D4 Modell zur nutzergerechten Produktentwicklung (S. 121)

Zusammenfassung von Teil D (S. 124)

In Teil D dieser Arbeit werden Informationen über die Synthese aller arbeitswissenschaftlichen Methoden aus Teil C zu einem Modell zur nutzergerechten Produktentwicklung dargestellt. Diese umfassen auch eine Vorgehensweise jeder Methode in dem erarbeiteten Modell. Da jede Methode eine bestimmte Aufgabe in diesem Modell erfüllen muss, wird die Vorgehensweise nach Bedarf dieses Modells angepasst.

Dieses Kapitel ist gemäß dem Prozess des Kundenanforderungsmanagements in drei Prozesse unterteilt. Die erste Phase „Anforderungserhebung“ in D1 betont die Erhebung der Benutzeranforderungen an das Produkt, die sich aus individuellen Gesundheitszuständen ergeben. Aus D1 abgeleitete Ergebnisse werden dann weiter in D2 angewendet. Durch die Analyse dieser zwei Methoden in D2 können zu verbessernde Produkte herausgefunden werden. Der Forschungsgegenstand wird anschließend in D3 „Anforderungsspezifikation“ vom Produkt zu den Produktmerkmalen genau untersucht, um Verbesserungsmaßnahmen festzustellen und zu entwickeln. Abschließend wird in Kapitel D4 das komplette Modell dargestellt, das durch das Verständnis der Kundenanforderungen von älteren Menschen den Produktentwicklungsprozess vereinfacht.

# D1 Methoden in der Phase der Anforderungserhebung

## D1.1 Hierarchieanalyse mit ADL

Gemäß der in Kapitel C1 festgelegten Struktur der Hierarchieanalyse wurden die physischen und psychischen Fähigkeiten bei der Durchführung einer Tätigkeit des täglichen Lebens definiert.[196] Die physischen Fähigkeiten umfassen (1) die körperliche Bewegungsart, die weite Bewegungen der Extremitäten deutlich darstellt, (2) die Bewegungsarten der Hände, die feine Bewegungen ausführen können, (3) die Muskelkontraktionsart, die den Kraneinsatz zum Benutzen von Gegenständen steuert, und (4) die Modalität, die mit den Sinnesorganen die Reize der Außenwelt aufnimmt.

Der Schwerpunkt der psychischen Fähigkeiten liegt nicht nur auf dem Prozess der Informationsverarbeitung, sondern auch auf weiteren Rückmeldungen. Bei diesen handelt es sich um die Organe zur Informationsverarbeitung und die motorische Kontrolle im zentralen und im peripheren Nervensystem.

Die physischen und psychischen Fähigkeiten werden in ihrem hierarchischen Aufbau in Abbildung 34 dargestellt.

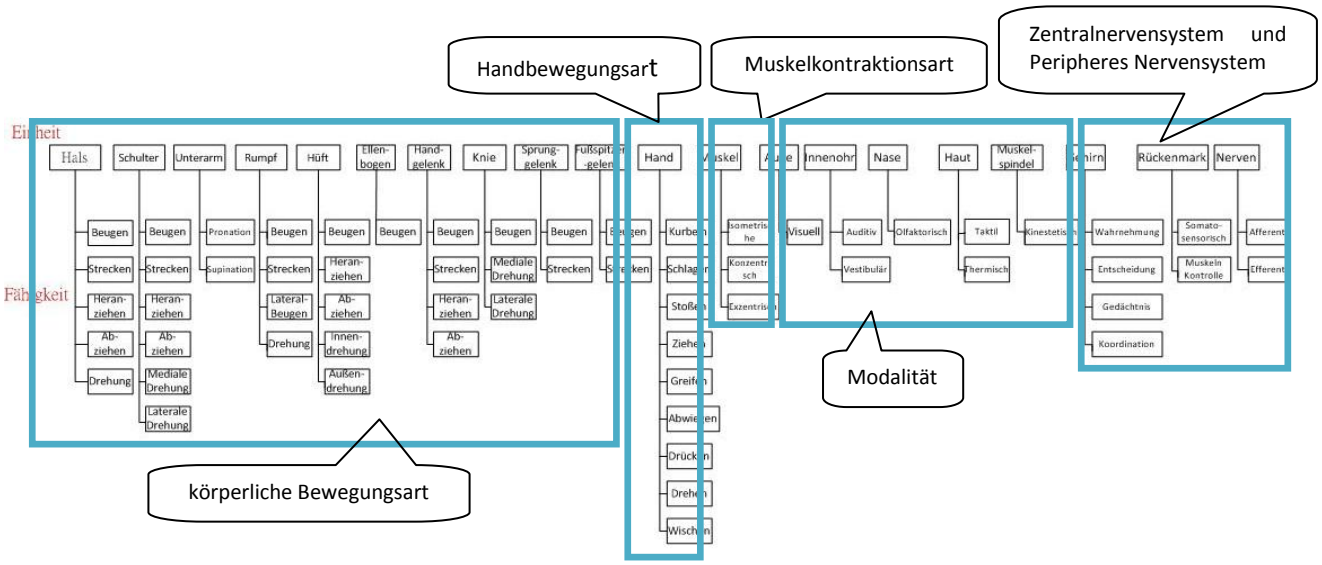



Abbildung 34: Fähigkeiten zur Erledigung einer Tätigkeit in einem hierarchischen Aufbau[197]

[196] Vgl. Kapitel C1, S. 40.

[197] Für eine größere Darstellung der Abbildung 34, siehe Anhang D1.1.1, S.175.

Die Fähigkeit wird dann als ein feststehender Kern der gesamten hierarchischen Analyse angesehen. Die Tätigkeit und das Produkt können in dieser Struktur flexibel je nach den unterschiedlichen Umgebungen versetzt werden. Diese Versetzbarkeit ist ein Vorteil in der vorliegenden Arbeit, da das Modell künftig auf unterschiedliche Bereiche wie z. B. den Wohnbereich, den Arbeitsplatz etc. übertragen werden kann. An der Spitze des hierarchischen Schemas steht die hauptsächliche Tätigkeit, darunter steht die schon in Abbildung 34 gestaltete Fähigkeit. Am Fuße des Schemas werden Produkte genannt, die möglicherweise bei der Erledigung einer Tätigkeit verwendet werden. Die komplette Struktur der Hierarchieanalyse ist in Abbildung 35 zu sehen.

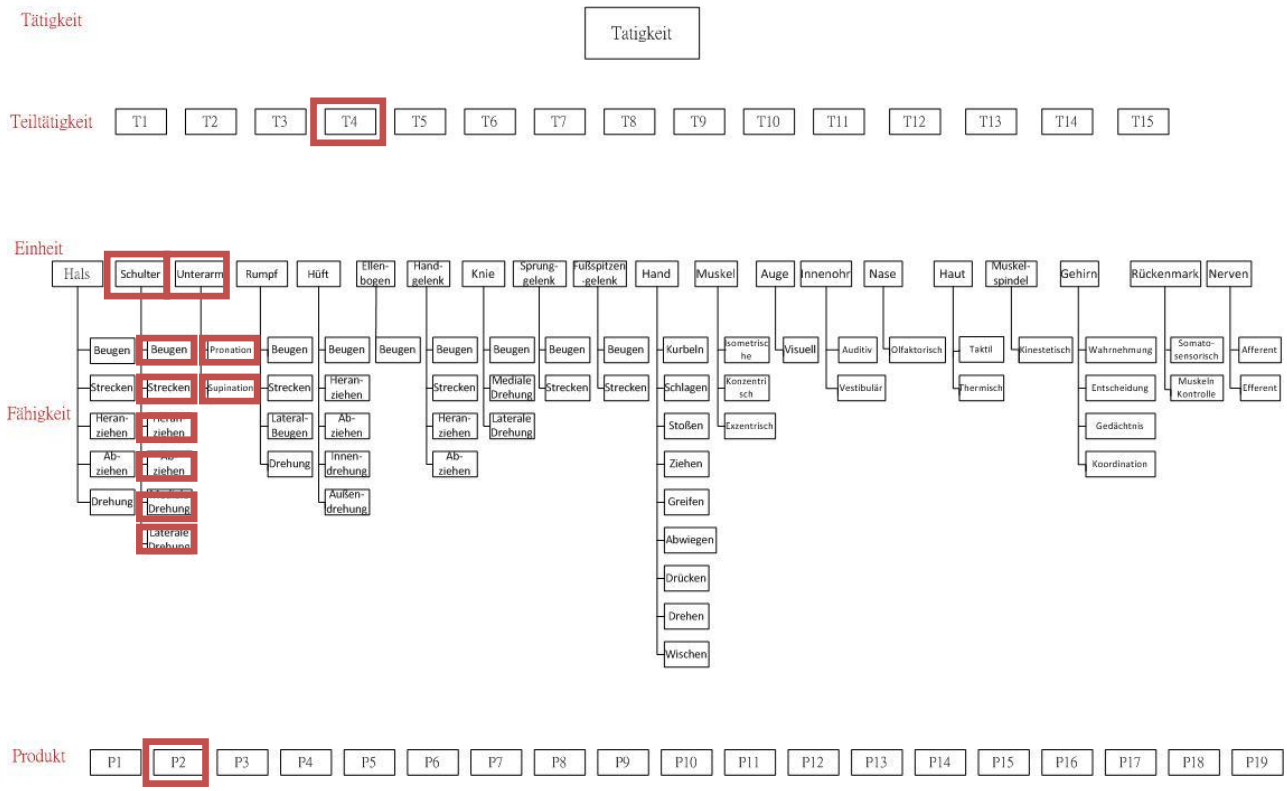



Abbildung 35: Der komplette Hierarchieanalyse-Aufbau

Mithilfe der Struktur der Hierarchieanalyse kann man die für eine gegebene Tätigkeit nötigen Fähigkeiten verstehen sowie hierfür möglicherweise genutzte Produkte. Danach wählt man eine zu analysierende Teiltätigkeit aus und hebt alle für diese Teiltätigkeit nötigen Fähigkeiten mit dem roten Rechteck hervor, wie in Abbildung 35 ersichtlich. Wenn ein Produkt die Teiltätigkeit betrifft, muss es ebenfalls markiert werden, da das Produkt im Weiteren je nach Bedarf analysiert wird.

## D1.2 Krankheits-Fähigkeits-Matrix

***Die Struktur der Matrix***

Krankheiten beeinflussen Fähigkeiten in einem Ausmaß, das von Individuum zu Individuum unterschiedlich ist. Daher müssen die Eigenheiten der Benutzer bei der Analyse in dieser Arbeit berücksichtigt werden. Um den Gesundheitszustand der Benutzer zu ermitteln, kann eine Matrix zur Wiedergabe des Gesundheitszustandes der Benutzer erstellt und in das Modell integriert werden. Die Struktur der Matrix besteht aus drei Teilen. Eine Erklärung dieser Matrix ist in Abbildung 36 ersichtlich. In Teil (A) auf der linken Seite der Matrix stehen die in Kapitel C bereits festgestellten häufigen Krankheiten. In der obersten Zeile der Matrix stehen die durch die Hierarchieanalyse bestimmten Körperteile und Fähigkeiten (B). Jede Funktion ist abgekürzt genau unter dem entsprechenden Körperteil aufgeführt. In der Mitte der Matrix (C) stellt eine Skala den Gesundheitszustand dar, wie ihn der Benutzer subjektiv einschätzt.

| | Hals | | | | | Schulter | | | | | | Unterarm | | Lende | | | | ..... |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B | S | He | Ab | D | B | S | He | Ab | Md | Ld | P | S | B | S | Lb | D | ..... |
| I63 Hirninfarkt | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I25 Chronische ischämische Herzkrankheit | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I10 Essentielle (primäre) Hypertonie | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M17 Gonarthrose [Arthrose des Kniegelenkes] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M16 Koxarthrose [Arthrose des Hüftgelenkes] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N39 Sonstige Krankheiten des Harnsystems | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G30 Alzheimer | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R55 Synkope und Kollaps | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E11 Nicht primär insulinabhängiger Diabetes mellitus [Typ-II-Diabetes] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F32 Depressive Episode | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H90-95 Hörverlust | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

A B C

Abbildung 36: Die Struktur der Krankheits-Fähigkeits-Matrix

***Die Darstellung des Gesundheitszustands in der Matrix***

Um den Gesundheitszustand angemessen darzustellen, muss eine Bewertungsskala erarbeitet werden. In den folgenden Abschnitten werden einige in der Praxis bereits angewendete Mittel zur Bewertung der Gesundheit vorgestellt. Dadurch wird eine Bewertungsskala für diese Matrix ermittelt.

Parkerson u. a. haben die Durchführbarkeit und Nützlichkeit der Duke Severity of Illness Checklist (DUSOI), mit der der Schweregrad einer Krankheit eingeschätzt werden kann, in ihrer Forschungsarbeit geprüft; laut ihrem Ergebnis kann die Methode den Schweregrad anhand von vier Parametern in der

Praxis abschätzen.[198] Die vier Parameter - Symptome, Komplikationen, Prognosen ohne Behandlung sowie vorausgesehenes Ergebnis nach der Behandlung - müssen vom ausgebildeten Arzt festgestellt werden. Die Abgrenzung dieser Arbeit hat am Anfang schon festgelegt, dass das Modell künftig von den Anwendern ohne extra Ausbildung in den verschiedenen Bereichen durchgeführt werden kann. Aus diesem Grund werden nur die ersten zwei Parameter, nämlich Symptome und Komplikationen, der Matrix übergenommen. Die restlichen zwei Parameter können jedoch künftig in der Praxis weiter ergänzt werden, damit das Modell vom Arzt angewendet werden kann, um den Gesundheitszustand der Benutzer exakt widerzuspiegeln.

Durch bestimmte Krankheiten verursachte Symptome und Komplikationen können aus Handbüchern zur Gesundheit bzw. medizinischen Lehrbüchern in Erfahrung gebracht werden. Durch Krankheit beeinflusste Körperteile können so ebenfalls definiert werden. Diese Informationen wurden in C2.3 Symptome der Krankheiten bereits gesammelt und angeordnet.

Die Bewertungsskala wurde oft zur Einschätzung eines bestimmten Zustandes angewendet. Ware u. a. haben in ihrem Forschungsbericht mit dem Titel „The Medical Outcomes Study (MOS) 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36)“ die alten und neuen Verfassungen einer Gesundheitsbefragung verglichen. [199] Diese Befragung wurde zur Selbstverwaltung und Selbstbewertung des Gesundheitszustandes entwickelt,[200] darunter werden acht Kategorien betrachtet, wie z. B. die durch Krankheit verursachte Einschränkung der physischen Fähigkeiten, die durch physische und psychische Probleme verursachten Einschränkungen im Umgang mit Menschen, der körperliche Schmerz etc.[201] Die in der Befragung benutzte Skalanote, die in der neuen Verfassung zur größeren Genauigkeit überarbeitet wurde, beträgt meistens fünf.

Die Reliabilität und Augenscheinvalidität einer anderen Befragung, „The Cumulative Illness Rating Scale“, wurde von Miller u. a. durch Experimente geprüft.[202] Das Ergebnis zeigt, dass diese Befragung mit hoher Reliabilität in der Praxis erfolgreich verwendet werden kann. In der Befragung stellten medizinische Fachleute Fragen nach dem Gesundheitszustand der Organe. Die entsprechende Antwort gliedert sich in fünf Noten von null bis vier. Note Null bezieht sich auf fehlende Probleme, die aus der Krankheit resultieren. Note Vier stellt eine extrem schwere Beeinträchtigung der Organe dar.[203]

[198] Vgl. Parkerson, George R u.a. (1996), S. 304.
[199] Vgl. Ware, John E. und Sherbourne, Cathy Donald (1992), S. 473.
[200] Vgl. Ebenda, S. 478.
[201] Vgl. Ebenda, S. 474.
[202] Vgl. Miller, Mark D. u.a. (1992), S. 241.
[203] Vgl. Ebenda, S. 240.

Der COOP Chart ist eine Methode zur Überprüfung der Funktion des Menschen, die vom *The Dartmouth Primary Care Cooperative Information Project* (COOP Project) entwickelt wurde.[204] Der Chart weist viele Vorteile auf, wie z. B. geringer Zeitaufwand (1-2 Min.), einfache Anwendung mit Bildern und Erzeugung klinischer Angaben.[205] Der Chart besteht aus einer Frage über den Gesundheitszustand des Probanden im vergangenen Monat und fünf verschiedenen Skalanoten zur Antwort, zusätzlich wird ein entsprechendes Bild hinzugefügt (Abbildung 37). Durch diese Methode können die Patienten die Auswirkungen ihrer Krankheit auf ihr Leben besser verstehen und daraus Maßnahmen für das tägliche Leben ableiten.

Gemäß den oben genannten drei Einschätzungsbögen kann sich eine passende Skalanote für diese Matrix zur Bewertung entwickeln. Die Skalanote mit fünf Graden wurde von den meisten Fragebögen verwendet und konnte den Gesundheitszustand der Betroffenen mit einer hohen Zuverlässigkeit darstellen. Darüber hinaus wird ein Bild dem Fragebogen hinzugefügt, wodurch der Vorgang zum Verständnis des Gesundheitszustandes der Benutzer effizienter sein kann. Aus diesem Grund können Kriterien dieser Skalanote in der Matrix aufgestellt werden.

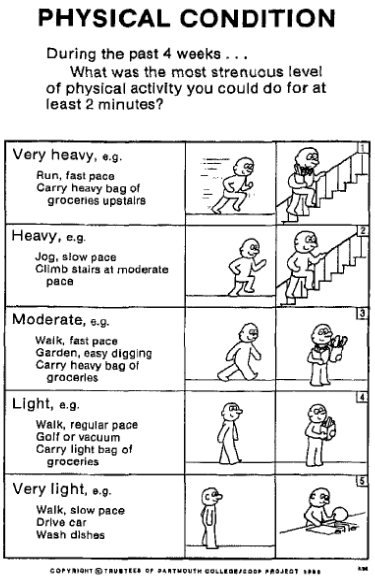



Abbildung 37: COOP Chart zur Einschätzung der physischen Funktion nach Nelson u. a.[206]

Das Kriterium zur Bewertung des Gesundheitszustandes des Benutzers kann nach der Sammlung der drei Einschätzungsbögen gemäß ihrer gemeinsamen Besonderheit für die Matrix in dieser Arbeit festgelegt werden. In Tabelle 28 sind als Beispiel die Fähigkeiten der Hand gegeben. Die Skalanote gliedert sich in fünf Ebenen, jede Ebene wird zusätzlich mithilfe eines Bildes dargestellt.

[204] Vgl. Nelson, Eugene u.a. (1987), S. 55.
[205] Vgl. Ebenda, S. 58.
[206] Vgl. Ebenda, S. 63.

| Funktion | Skalanote | Bild |
|---|---|---|
| Hand- Greifen | 1-Ohne Problem | |
| | 2- Leichtes Problem | |
| | 3-Moderat | |
| | 4- Schwer | |
| | 5- Extrem schwer | |

Tabelle 28: Beispiel zur Einschätzung des Gesundheitszustandes in der Matrix [207]

***Der Ablauf der Matrix***

Auf Grundlage der im vorherigen Abschnitt gewonnenen Erkenntnisse, kann der Ablauf zur Einschätzung des Gesundheitszustandes der Benutzer in dieser Matrix aufgestellt werden. Zuerst werden benutzerbezogene Angaben wie Alter, Geschlecht etc. aufgenommen. Mit diesen Daten kann dann eine Statistikanalyse zur Findung der möglichen Anforderungen an das Produkt der Benutzer durchgeführt werden. Weitere Schritte zur Durchführung der Matrix sind in Abbildung 38 ersichtlich. Gemäß der angegebenen Krankheit (2) werden die durch die Krankheit beeinflussten Körperteile der Benutzer automatisch angegeben (3). Entsprechende Fähigkeiten des Körperteils werden vom Benutzer gemäß ihrem eigenen Gesundheitszustand anhand des Bildes selbst bewertet (4-5). Danach wird der Benutzer gefragt (6), ob es noch andere Fähigkeitsprobleme gibt, die im Schritt drei nicht gezeigt werden. Wenn der Benutzer noch weitere Fähigkeitsprobleme aufweist, dann muss man zu Schritt drei zurückkehren, um zusätzliche Angaben einzutragen (7). Ansonsten endet die Befragung (8).

[207] Eigene Tabelle.

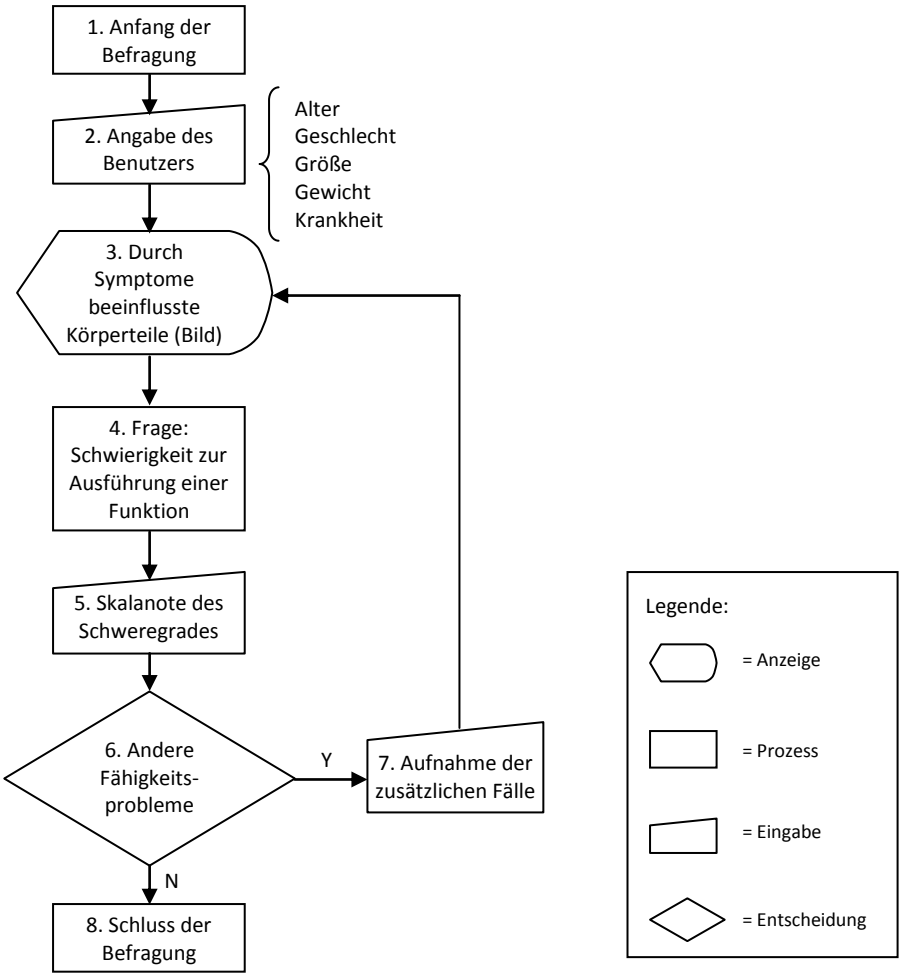



Abbildung 38: Ablauf zur Durchführung der Krankheits-Fähigkeits-Matrix[208]

[208] Eigene Abbildung.

## D2 Methoden in der Phase der Anforderungsanalyse

### D2.1 House of Quality

***Struktur des Hauses***

Nachdem der Gesundheitszustand der Benutzer in Erfahrung gebracht wurde, kann man während der Phase der Anforderungsanalyse mit Hilfe der House-of-Quality-Methode erkennen, welche Teiltätigkeit mit ihren dazugehörigen Produkten man weiter untersuchen sollte. Zunächst werden alle in der Hierarchieanalyse festgelegten Körperteile und Fähigkeiten links innerhalb des Hauses übertragen. Im Oberteil des Hauses stehen Teiltätigkeiten entsprechende Produkte gegenüber. In Betrachtung der von den Benutzern angegebenen Gesundheitszustände, die in der House-of-Quality-Methode als Gewichtung verwendet werden, kann der Zusammenhang zwischen den Fähigkeiten und den Tätigkeiten in der Beziehungsmatrix dargestellt werden. Der Aufbau des Hauses ist in Abbildung 39 gezeigt.

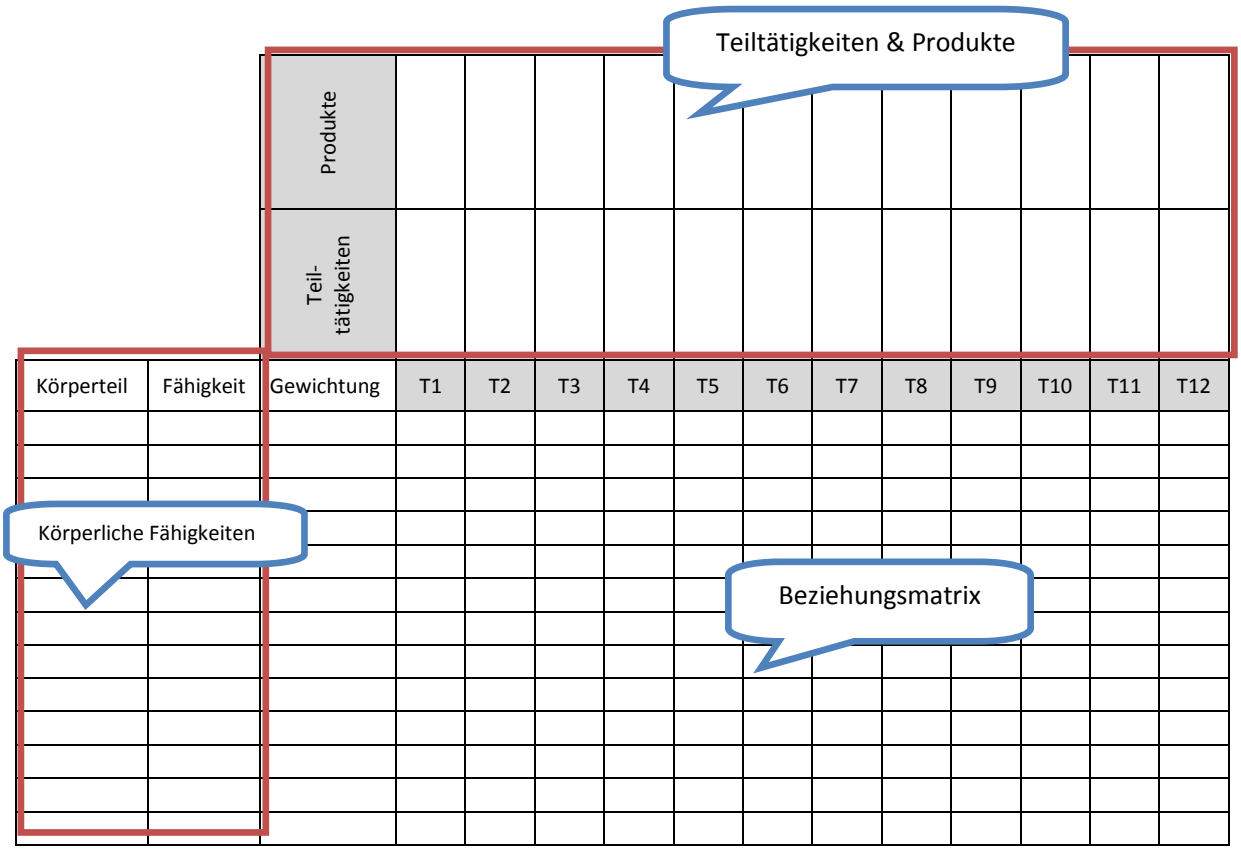



Abbildung 39: Aufbau der Methode *House of Quality*

***Bewertung der Beziehung in der Beziehungsmatrix***

Der Aufbau des Hauses besteht aus drei Teilen: körperliche Fähigkeiten, Teiltätigkeiten und Produkte und Beziehungsmatrix. Fähigkeiten, Tätigkeiten und Produkte werden durch den Vorgang der Hierarchieanalyse vollständig definiert. Zur Bewertung der Beziehung in der Beziehungsmatrix des Hauses muss ein Kriterium erarbeitet werden, nach dem die Vorgehensweise zur Bewertung der Beziehung zwischen den Fähigkeiten und Tätigkeiten sowie Produkten festgelegt werden kann.

Anhand der ursprünglichen Bewertung einer Beziehung[209] kann man deutlich sehen, dass der Abstand zwischen den drei Bewertungen nicht gleichmäßig ist, z. B. beträgt der Abstand der Bewertung zwischen der Schwäche (1) und dem Mittel (3) nur zwei, dagegen macht der Abstand zwischen dem Mittel (3) und der Stärke (9) sechs aus. Der Abstand dazwischen ist groß, deswegen kann man die Veränderung nicht deutlich erkennen und darstellen. Außerdem befindet sich die mittlere Bewertung (3) nicht ganz in der Mitte.

Um eine geringe Veränderung betonen und darstellen zu können, muss ein neues Bewertungsverfahren entwickelt werden. Zunächst kann man durch eine Bewegungsanalyse (human motion analysis) alle möglichen Fähigkeiten, die für die ausgeführten Bewegungen erforderlich sind, in Erfahrung bringen. Die Bewegungsanalyse, in der es um die Feststellung, Beobachtung und das Verständnis des menschlichen Bewegungsablaufes geht, wurde früher im Bereich der Mensch-Maschine-Schnittstelle öfters angewendet.[210] Die Bewegungsanalyse konzentriert sich auf die Auslegung der drei Teile von menschlichen Bewegungen: Analyse der Körperteile, Beobachtung der Bewegungen mit einem Aufnahmegerät und Verständnis der Bewegungen mittels der Videoaufzeichnung.[211]

In der Hierarchieanalyse wurden körperliche Bewegungen bereits ermittelt. Der folgende Schritt zeichnet Bewegungen auf, die beim Ablauf einer Tätigkeit ausgeführt werden. Kira hat bei der Erarbeitung der Kriterien zur Gestaltung von Badezimmern die Bewegungsabläufe beim Duschen, Händewaschen etc. aufgenommen. Die von Kira aufgenommenen Bilder sind in Abbildung 40 zu sehen.[212]

[209] Vgl. Kapitel C 3.2, S. 60.
[210] Vgl. Wang, Liang u.a. (2003), S. 586.
[211] Vgl. Ebenda, S. 586.
[212] Vgl. Kira, Alexander (1977), S. 44f.

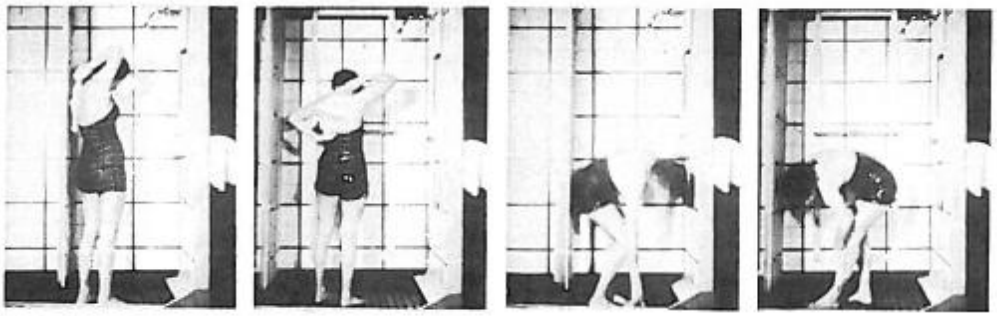


Abbildung 40: Aufnahme der Tätigkeit „Duschen“ nach Kira [213]

| Linker Arm | Rechter Arm |
|---|---|
| Schulter<br>Strecken, Abziehen<br>Ellenbogen<br>Beugen<br>Unterarm<br>Supination | Schulter<br>Beugen, Abziehen<br>Ellenbogen<br>Beugen<br>Unterarm<br>Pronation |

| Linker Arm | Rechter Arm |
|---|---|
| Schulter<br>Beugen, Heranziehen<br>Hand<br>Greifen | Schulter<br>Beugen, Heranziehen<br>Ellenbogen<br>Beugen |
| **Linkes Bein** | **Rechtes Bein** |
| Hüfte<br>Beugen<br>Abziehen<br>Mediale Drehung<br>Knie<br>Beugen | Hüfte<br>Beugen<br>Knie<br>Beugen |

Tabelle 29: Bewegungsanalyse am Beispiel der Tätigkeit „Duschen“

Mithilfe der Bilder kann man alle Bewegungen während einer Tätigkeit an einem bestimmten Ort klar erkennen und auflisten. Aus Tabelle 29 geht hervor, dass eine bestimmte Körperhaltung nicht nur die Bewegung eines Körperteils erfordert, sondern eine Kombination mehrerer Bewegungen. Daraus kann man die erforderlichen Fähigkeiten zum Ausführen einer Tätigkeit in die folgenden drei Arten unterteilen.

[213] Vgl. Ebenda, S. 44f.

1. Wesentliche Fähigkeit

Eine Fähigkeit, die für eine bestimmte Tätigkeit erforderlich ist und die durch eine andere Fähigkeit oder Bewegung ausgeglichen werden kann.

Beispiel: Wenn man den Ellenbogen nicht beugen kann, um ein auf Ellenbogenhöhe liegendes Gerät zu bedienen, kann man stattdessen auch mit einem geraden Arm die Schulter beugen.

2. Koordination der Fähigkeit

Eine Fähigkeit muss mit einer anderen Fähigkeit koordiniert werden, um eine bestimmte Tätigkeit durchzuführen.

Beispiel: Man möchte einen Duschkopf halten und sich damit den Rücken spülen. Die Hand muss dabei über beide Seiten der Schultern reichen können. Um dies zu erreichen, muss sich die Schulter beugen und herangezogen werden und der Ellenbogen muss gebeugt werden. Wenn man die Richtung des Wasserflusses vom Duschkopf ändern möchte, muss der Unterarm Pronation und Supination ausführen.

3. Notwendige Fähigkeit

Eine Fähigkeit, ohne die eine Tätigkeit nicht ausgeführt werden kann.

Beispiel: Wenn die Hand einen Gegenstand, z. B. ein Badetuch, nicht greifen kann, kann man die Tätigkeit „Abtrocknen des Körpers mit dem Badetuch“ nicht ausführen.

Die drei oben aufgelisteten Prinzipien können als Bewertungskriterien betrachtet und durchgeführt werden.

1. Wesentliche Fähigkeit

Solange eine Fähigkeit für eine Tätigkeit gebraucht wird, wird die der Teiltätigkeit entsprechende Fähigkeit markiert. Am Beispiel der Teiltätigkeit „Duschvorhang aufziehen“ werden alle Fähigkeiten in Bezug auf den Duschvorhang, z. B. Schulter-Beugen, Schulter-Heranziehen, Schulter-Abziehen etc., in Tabelle 30 erfasst.

| | | Produkt | Bademantel | Duschvorhang | | ..... |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Teiltätigkeit | Kleidung ablegen | Duschvorhang aufziehen | Duschvorhang zuziehen | ..... |
| Körperteil | Fähigkeit | Gewichtung | T1 | T2 | T4 | ..... |
| Hals | Beugen | | | | | |
| Hals | Strecken | | | | | |
| Hals | Heranziehen | | | | | |
| Hals | Abziehen | | | | | |
| Hals | Drehung | | | | | |
| Schulter | Beugen | | | | | |
| Schulter | Strecken | | | | | |
| Schulter | Heranziehen | | | | | |
| Schulter | Abziehen | | | | | |
| Schulter | Mediale Drehung | | | | | |
| Schulter | Laterale Drehung | | | | | |
| . | . | | | | | |
| . | . | | | | | |

Tabelle 30: Darstellung des ersten Kriteriums zur Bewertung der Beziehung

2. Situation der Koordination

Um die Koordination zwischen den Fähigkeiten darzustellen, kann man sich mit einer zusätzlichen Matrix behelfen, in der sich die in den ersten Schritten erfassten Fähigkeiten gegenüberstehen (Tabelle 31). Wenn eine Fähigkeit mit einer anderen zusammenarbeiten muss, wird die entsprechende Zelle mit der Ziffer 1 versehen. Die gesamte Anzahl ergibt sich am Ende der Tabelle. Je höher die Summe einer Fähigkeit ist, umso wichtiger ist die Fähigkeit für die Tätigkeit. Diese Fähigkeiten spielen nicht nur eine wesentliche Rolle, sondern sind auch von anderen Fähigkeiten abhängig. Dennoch wird die Summe nicht direkt angewendet, da die Anzahl der Fähigkeiten je nach der Teiltätigkeit unterschiedlich ist. Aus diesem Grund muss ein allgemeinerer Wert den Summen zugewiesen werden.

| Tätigkeit 2 : Duschvorhang aufziehen | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fähigkeit | Hb | SchHe | SchAb | HaG | HaAb | MI | HaTa | MuKi | Gwa | Gen | GeG | GeKo | RüSo | RüMu | NA | NE | Summe |
| Hb | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | 3 |
| SchHe | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 2 |
| SchAb | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 2 |
| HaG | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| HaAb | | | | | | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | | 3 |
| MI | 1 | | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | 1 | 5 |
| HaTa | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| MuKi | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | 2 |
| GWa | | | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | | | | 3 |
| GEn | | | | | 1 | | | | 1 | | 1 | | | | | | 3 |
| GeG | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | 2 |
| GeKo | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | 2 |
| RüSo | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | 2 |
| RüMu | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 2 |
| NA | | | | | | | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | 3 |
| NE | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | 2 |

Tabelle 31: Darstellung des zweiten Kriteriums zur Bewertung der Beziehung

Hb: Hals – Beugen SchHe: Schulter – Heranziehen SchAb: Schulter – Abziehen HaG: Hand – Greifen HaAb: Hand – Abwiegen
MI: Muskel – Isometrische Kontraktion HaTa: Haut – Taktil MuKi: Muskelspindel – Kinästhetisches Wahrnehmungssystem
GeWa: Gehirn – Wahrnehmung GeEn: Gehirn – Entscheidung GeG: Gehirn – Gedächtnis GeKo: Gehirn – Koordination
RüSo: Rückenmark – Somatosensorische Übertragung RüMu: Rückenmark – Muskelkontrolle NA: Nerven – Afferent
NE: Nerven – Efferent

Die Anzahl der Fähigkeitenkoordinationen kann man in drei Noten unterteilen. Wenn eine Fähigkeit mit keiner anderen oder nur mit einer Fähigkeit koordiniert wird, dann bekommt sie die Note eins. Wenn eine Fähigkeit mit zwei bis vier Fähigkeiten koordiniert wird, bekommt sie die Note drei. Wenn eine Fähigkeit mit fünf oder mehr Fähigkeiten koordiniert wird, bekommt sie die Note fünf, so wie in Tabelle 32 dargestellt.

| Anzahl der Koordinationen | Note |
|---|---|
| 0-1 | 1 |
| 2-4 | 3 |
| 5+ | 5 |

Tabelle 32: Prinzip zur verallgemeinerten Zuweisung von Noten gemäß der Fähigkeitenanzahl

| Tätigkeit 2 : Duschvorhang aufziehen | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fähigkeit | Hb | SchHe | SchAb | HaG | HaAb | MI | HaTa | MuKi | Gwa | Gen | GeG | GeKo | RüSo | RüMu | NA | NE | Summe | P2 |
| Hb | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | 3 | 3 |
| SchHe | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 2 | 3 |
| SchAb | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 2 | 3 |
| HaG | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| HaAb | | | | | | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | | 3 | 3 |
| MI | 1 | | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | 1 | 5 | 5 |
| HaTa | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | 1 |
| MuKi | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | 2 | 3 |
| GWa | | | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | | | | 3 | 3 |
| GEn | | | | | 1 | | | | 1 | | 1 | | | | | | 3 | 3 |
| GeG | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | 2 | 3 |
| GeKo | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | 2 | 3 |
| RüSo | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | 2 | 3 |
| RüMu | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 2 | 3 |
| NA | | | | | | | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | 3 | 3 |
| NE | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | 2 | 3 |

Tabelle 33: Darstellung von Tabelle 31 nach der verallgemeinerten Notenzweisung

3. Notwendige Fähigkeit

Einige Fähigkeiten können weder mit anderen Fähigkeiten koordiniert noch von anderen Fähigkeiten ausgeglichen werden. Wenn man diese Fähigkeiten verliert, wird es problematisch, bestimmte Tätigkeiten auszuführen. Aufgrund der großen Bedeutung dieser Fähigkeiten erhalten sie die hohe Note vier.

| Tätigkeit 2 : Duschvorhang aufziehen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fähigkeit | Hb | SchHe | SchAb | HaG | HaAb | MI | HaTa | MuKi | Gwa | Gen | GeG | GeKo | RüSo | RüMu | NA | NE | P2 | P3 | Summe |
| Hb | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | 3 | | 3 |
| SchHe | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 3 | | 3 |
| SchAb | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 3 | | 3 |
| HaG | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | 4 | 5 |
| HaAb | | | | | | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | | 3 | | 3 |
| MI | 1 | | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | 1 | 5 | 4 | 9 |
| HaTa | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | 1 |
| MuKi | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | 3 | | 3 |
| GWa | | | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | | | | 3 | | 3 |
| GEn | | | | | 1 | | | | 1 | | 1 | | | | | | 3 | | 3 |
| GeG | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | 3 | | 3 |
| GeKo | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | 3 | 4 | 7 |
| RüSo | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | 3 | 4 | 7 |
| RüMu | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 3 | 4 | 7 |
| NA | | | | | | | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | 3 | | 3 |
| NE | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | 3 | | 3 |

Tabelle 34: Darstellung des dritten Kriteriums zur Bewertung der Beziehung

Der komplette Ablauf der Bewertung in der Beziehungsmatrix ist in Abbildung 41 dargestellt.

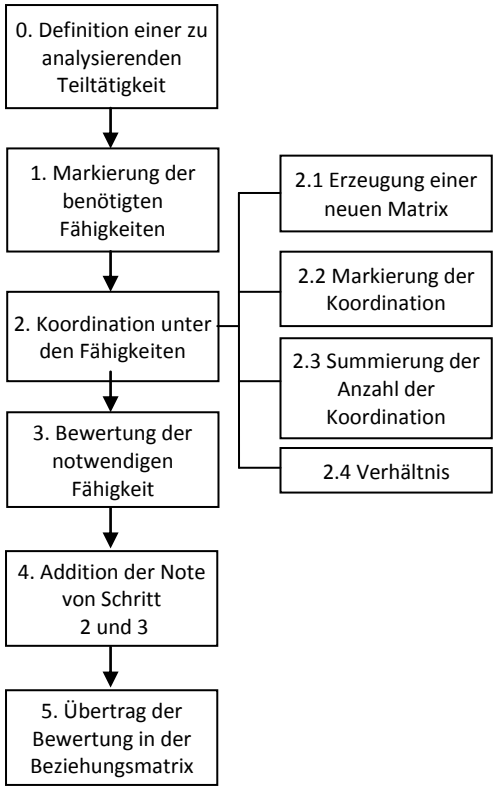



Abbildung 41: Ablauf zur Bewertung in der Beziehungsmatrix[214]

[214] Eigene Abbildung.

## D2.2 Ereignisbaumanalyse & Fehlerbaumanalyse

***Definition der Vorgehensweise***

In dieser Phase werden zwei baumförmige Methoden, die Ereignisbaumanalyse und die Fehlerbaumanalyse, verbunden.[215] Im ersten Schritt wird die Ereignisbaumanalyse eingeführt, um ein mögliches Scheitern der Teiltätigkeit zu untersuchen. Nach der Untersuchung des Scheiterns kann die Fehlerbaumanalyse eingesetzt werden, um Ursachen des Scheiterns aufzudecken. Die Kombination dieser zwei Methoden ist in Tabelle 35 gezeigt.

| Vorgehensweise der Ereignisbaumanalyse[216] | Vorgehensweise der Fehlerbaumanalyse[217] | Vorgehensweise in dieser Arbeit | Quelle |
|---|---|---|---|
| Auswahl eines Ereignisses zur Untersuchung | | 1. Auswahl eines zu untersuchenden Produktes und der entsprechenden Teiltätigkeit | House of Quality |
| Datenerfassung | | 2. Festlegung aller bei dieser Teiltätigkeit benötigten Fähigkeiten | Hierarchie-analyse |
| Auflistung aller Tätigkeiten | | 3. Auflistung der Fähigkeit zur Ausführung dieser Tätigkeit | Hierarchie-analyse |
| Entscheidung des möglichen Verhaltens | | 4. Auflistung aller möglichen Fähigkeiten | In der Arbeit entwickelt |
| Entscheidung der möglichen Folge | Definition der Fehler | 5. Auflistung aller Folgen (erfolgreiches Verhalten und Scheitern) von Verhalten | In der Arbeit entwickelt |
| Entwurf einer Ereignisbaumanalyse | | 6. Entwurf einer Ereignisbaumanalyse | In der Arbeit entwickelt |
| | Festlegung der Ursache | 7. Festlegung der Ursache des Scheiterns | In der Arbeit entwickelt |
| | AND/OR-Klassifizierung | 8. Festlegung weiterer Ursachen | In der Arbeit entwickelt |
| | Entwurf einer Fehlerbaumanalyse | 9. Entwurf einer Fehlerbaumanalyse | In der Arbeit entwickelt |

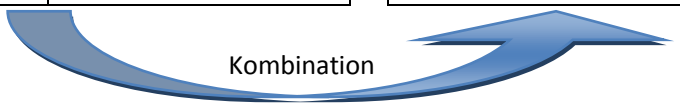



Tabelle 35: Kombination von Ereignisbaumanalyse und Fehlerbaumanalyse[218]

[215] Vgl. Kapitel C3.4, S. 62.
[216] Vgl. Stanton, Neville A. (2006), S. 123.
[217] Vgl. Ebenda, S. 131.
[218] Eigene Tabelle.

***Definition der Merkmalsarten***

Durch diese baumförmigen Methoden können zum Scheitern führende Ursachen festgelegt werden, die mit Merkmalen der Produkte und restlichen Fähigkeiten der Benutzer zusammenhängen. Bei der Ereignisbaumanalyse werden mögliche Verhaltensweisen als Forschungsgegenstand betrachtet, um Ursachen des Scheiterns zu finden. Danach findet man durch die Fehlerbaumanalyse zahlreiche zu verbessernde Merkmale. Ein Produkt ist ideal, wenn sich seine Merkmale dem Gesundheitszustand der Benutzer anpassen lassen, um reduzierte Fähigkeiten auszugleichen. Um die zu verbessernden Merkmale bei der Fehlerbaumanalyse festzulegen, müssen Merkmalsarten und Merkmale der Produkte zunächst erarbeitet werden. Erarbeitete Merkmalsarten können dann nach der Ursachenanalyse in der Fehlerbaumanalyse als Grundlage zur weiteren Untersuchung der Merkmalsart in der FMEA-Methode betrachtet werden (Abbildung 42).

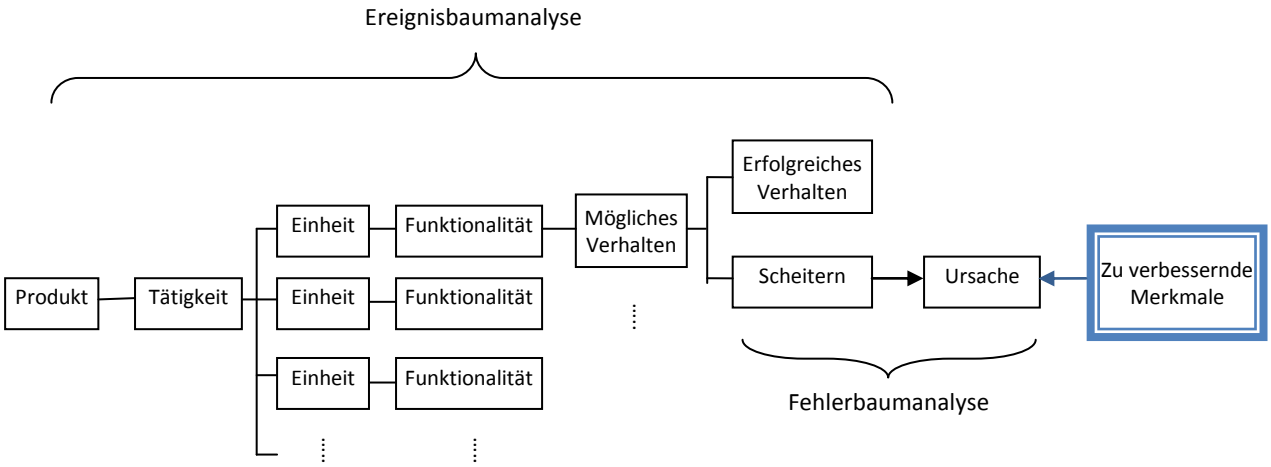



Abbildung 42: Von den beiden baumförmigen Methoden abgeleitete Merkmale

Pahl u. a. haben allgemeine Anforderungen an Produkte in ihrem Buch *Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung und Methoden und Anwendung* definiert.[219] Die von ihnen zusammengefasste Leitlinie mit Hauptmerkmallisten wird als eine Anforderungsliste für den Entwicklungsprozess berücksichtigt. In der Leitlinie[220] werden nicht nur Eigenschaften des Produktes wie Geometrie, Kinematik, Kräfte etc. genannt, sondern auch Konzepte in Bezug auf die Ergonomie bzw. die Mensch-Maschine-Schnittstelle, welche eine wichtige Rolle bei der informationstechnischen Produktgestaltung und Bedienplatte haben. Diese Leitlinie hebt hervor, wie wichtig die Einbeziehung der Benutzer in die Produktentwicklung ist.

[219] Vgl. Pahl, Gerhard u.a. (2007), S. 219.
[220] Einzelheiten der Leitlinie im Anhang D2.2.1, S.176.

Bullinger geht davon aus, dass Hand- und Arbeitsseite bei der Gestaltung eines Arbeitsmittels berücksichtigt werden müssen.[221] Die Handseite bezieht sich auf alle Gesundheitszustände des Benutzers, z. B. Körperstellung, Greifart, Bewegungsumfang etc. Bei der Arbeitsseite geht es dann um die Funktionsrichtung, Kraftrichtung etc. Sie geben bei der Gestaltung zu beachtende Randbedingungen vor und dienen auch als Ausgangspunkt der Gestaltungsarbeit. Anhand der Bearbeitungsebenen soll bei der Gestaltung die Aufmerksamkeit auf Merkmale auf beiden Seiten von Benutzer und Arbeitsmittel gelenkt werden, wie in Abbildung 43 gezeigt.

Abbildung 43: Bearbeitungsebenen bei der Gestaltung von Arbeitsmitteln in Anlehnung an Bullinger[222]

Aus den oben genannten Konzepten kann die Definition der Merkmalsarten und Merkmale zuerst grob in zwei Teile unterteilt werden: produkt- und menschenbezogene Merkmalsarten. Die ausgewählten Merkmalsarten und Merkmale werden im Folgenden gezeigt.

1. Produktbezogene Merkmalsarten und Merkmale

Das Merkmal ist eine kennzeichnende Eigenschaft des Produkts. Merkmale können inhärent sein, d.h. es liegt eine ständige Eigenschaft im Produkt vor.[223] Zu Abstraktionsstufen kommt man durch das Zusammenfassen von Merkmalen zu Merkmalsarten.[224] Gemäß den DIN-Normen können Merkmale in Beschaffenheitsmerkmale und Relationsmerkmale eingeteilt werden. Merkmale, die Eigenschaften der von einem Begriff erfassten Gegenstände angeben, gehören zu den Beschaffenheitsmerkmalen, zum

[221] Vgl. Bullinger, Hans-Jörg (1994), S. 307f.
[222] Vgl. Ebenda, S. 308.
[223] Vgl. Deutsches Institut für Normung (2005b), S. 25f.
[224] Vgl. Deutsches Institut für Normung (1993), S. 4.

Beispiel Form, Abmessung, Werkstoff, Farbe etc.[225] Diese Begriffe stimmen mit der von Bullinger vorgestellten Arbeitsseite der Bearbeitungsebenen überein.[226] Außerdem hat MacCormick die Form des Schaltens und die Position des Produktes speziell für die Gestaltung des Bedienfeldes aufgestellt.[227] Andere ähnliche Theorien über die Gestaltung eines Produktes oder Arbeitsmittels, wie Anthropometrie, räumliche Gestaltung[228] und informationstechnische Gestaltung[229], erwähnen dieselben Merkmalsarten und Merkmale. Insgesamt können alle Merkmalsarten und entsprechenden Merkmale über die Gestaltung auf der Arbeitsseite in Tabelle 36 zusammengefasst werden.

| Merkmalsarten | Merkmale | Merkmalsarten | Merkmale |
|---|---|---|---|
| Kopplungsart | Formschluss | Funktionsräume | Sichträume |
| | Reibschluss | | Greifräume |
| Greifart | Kontaktgriff | | Bewegungsräume |
| | Zufassungsgriff | Position | Vertikal |
| | Umfassungsgriff | | Horizontal |
| Abmessung | Umfassungsgriffe | Form | Multiple Rotation |
| | Finger | | Fraktionelle Rotation |
| Material | Plexiglas | | Rastungsposition |
| | Kupfer | Genauigkeit | Fein |
| | Email | | Grob |
| | Hartgummi | Feedback | Visuell- Analoganzeigen |
| | Messing | | Visuell- Digitalanzeigen |
| | Glas | | Null |
| | PVC, weich | | Taktil |
| | Sonst | Stellteilen | Drehen |
| Oberfläche | Glatt | | Schwenken |
| | Gerillt | | Drücken |
| | Geriffelt | | Schieben |
| Auflösung | Farbe | | Ziehen |
| | Beschriftung | Druckspannung | Besteht |
| | Piktogramme | Geometrie | Größe |
| Sicherheit | Bruchsicherheit | | Höhe |
| | Chemische Beständigkeit | | Breite |
| | Wärmeleitfähigkeit | | Länge |
| | Elektrische Leitfähigkeit | | Durchmesser |
| | | | Anzahl |
| | | | Anschluss |

Tabelle 36: Produktbezogene Merkmalsarten und deren Merkmale

[225] Vgl. Ebenda, S. 4.
[226] Einzelheit von Bearbeitungsebenen im Anhang D2.2.3, S.178.
[227] Vgl. MacCormick, Ernest J. und Sanders, Mark S. (1993), S. 338.
[228] Vgl. Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 1007, 1009, 1011 und 1037.
[229] Vgl. Bullinger, Hans-Jörg u.a. (2009), S. 492, 493, 494 und 506.

2. Menschenbezogene Merkmalsarten und Merkmale

Neben der Arbeitsseite gewinnt die Handseite der Menschen während der Produktgestaltung ebenso an Bedeutung. Unter der Handseite versteht man handbetätigte Stellteile, Bewegungsumfang, Handhaltung etc.[230] Ein anderes Analyseverfahren zur Arbeitsanalyse, OWAS (Ovako Working Posture Analysis System), wendet die Einstufung verschiedener Haltungen zur Priorität der Gestaltungsmaßnahme an. RULA (rapid upper limb assessment), eine Untersuchungsmethode zur Arbeitshaltung, kann durch eine schnelle Bewertung der oberen Extremitäten eine Auflistung der Handlung erzeugen, die die Dringlichkeit des Eingriffes priorisieren, damit kann das Risiko der physischen Belastung bei der Arbeit vermieden werden.[231]

Nach der Zusammenfassung der gesammelten Verfahren können Merkmalsarten und Merkmale im Rahmen der Handseite der Bearbeitungsebenen zusammengefasst in Tabelle 37 dargestellt werden.

| Merkmalsarten | Merkmale |
|---|---|
| Körperhaltung | Stehen |
| | Sitzen |
| | Liegen |
| | Knien |
| | Hocken |
| Bewegungsform | Hand (siehe Handhaltung) |
| | Bihänder |
| | Arm |
| | Rücken |
| | Bein |
| | Fuß |
| Bewegungsumfang | Horizontal-frontal |
| | Frontal-sagittal |
| | Sagittal-horizontal |
| Kräfte | Druckspannung |
| | Größe |
| | Zulässige Last |
| | Steifigkeit |
| | Zulässige Verformung |
| | Stabilität |
| | Federeigenschaften |
| Handhaltung | Dorsal-volar (oben-unten) |
| | Ulnar-radial (links-rechts) |
| | Supination-Pronation |
| Handbetätigte Stellteile | Erreichbarkeit der Stellteile |
| | Behinderungen beim Zugriff |
| | Notwendige Kraftübertragung |
| | Häufigkeit der Bedienung |
| | Hand-Arm-System |
| | Ein- oder beidhändige Bedienung |
| | Belastung durch statische Halte und Haltungsarbeit |
| | Belastung durch dynamische Muskelarbeit |
| | Notwendige Stellgenauigkeit |
| | Notwendige Stellgeschwindigkeit |
| | Visuelle Kontrollmöglichkeit |
| | Kompatibilität |
| | Verletzungsgefährdung |
| | Sicherheit gegen unbeabsichtigtes Stellen |

Tabelle 37: Menschenbezogene Merkmalsarten und deren Merkmale

[230] Einzelheiten der Bearbeitungsebenen im Anhang D2.2.3, S. 178.
[231] Vgl. McAtamney, Lynn und Nigel Corlett, E. (1993), S. 91.

Alle Literaturquellen in Bezug auf produkt- und menschenbezogene Merkmale werden in einer Tabelle angeordnet, damit alle gesammelten Merkmale sich gegenseitig ergänzen. Diese Tabelle befindet sich im Anhang D2.2.4.[232]

Theorien, wie Bearbeitungsebenen bei der Gestaltung von Arbeitsmitteln und die Mensch-Maschine-Schnittstelle, bestehen hauptsächlich aus drei Komponenten: Maschine/Produkt, Kopplung und Menschen (siehe Abbildung 44).

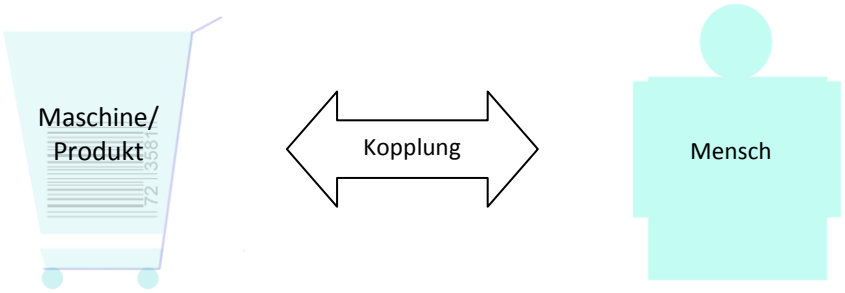



Abbildung 44: Drei Komponenten der Bearbeitungsebenen zur Gestaltung von Arbeitsmitteln in Anlehnung an Bullinger[233]

Gemäß diesen drei Komponenten kann man alle gesammelten Merkmalsarten und Merkmale in drei Phasen der Anwendung eines Produktes einordnen. Die erste Phase ist das Merkmal, das sich auf innewohnende Eigenschaften des Produktes bezieht (Tabelle 38). Die zweite ist der Kontakt, bei dem es um die Kopplung zwischen Produkten und Menschen geht. Die Kopplung basiert hierbei auf der Köperhaltung und Bedienungsweise vor der Nutzung (Tabelle 39). Die letzte Phase ist die Anwendung eines Produktes, bei der es sich um die Bewegungsart des Körpers und der Hand bei der Bedienung eines Produktes handelt (Tabelle 40).

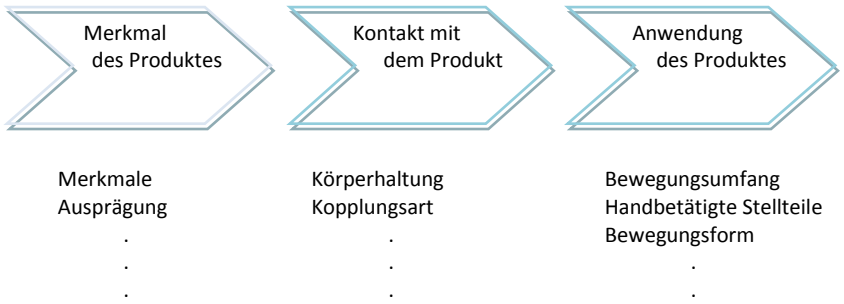



Abbildung 45: Drei Phasen der Anwendung eines Produktes[234]

[232] Einzelheiten der Sammlung aller Literaturquellen im Rahmen der Merkmale im Anhang D2.2.4, S.179.
[233] Vgl. Bullinger, Hans-Jörg u.a. (2009), S. 492.
[234] Eigene Abbildung.

Durch die Kodierung erhält jedes Merkmal einen Kode. Der erste Kode bezieht sich auf die Phase der Anwendung. Der zweite Kode wird dann nach der Merkmalsart vergeben. Der dreistellige Kode stellt dann das jeweilige Merkmal dar. Die Kodierung ist in Tabelle 38 aufgeführt.

| 1. Merkmale des Produktes | | |
|---|---|---|
| 1.1 Abmessung | 1.1.1 | Umfassungsgriffe |
| | 1.1.2 | Finger |
| 1.2 Material | 1.2.1 | Plexiglas |
| | 1.2.2 | Kupfer |
| | 1.2.3 | Email |
| | 1.2.4 | Hartgummi |
| | 1.2.5 | Messing |
| | 1.2.6 | Glas |
| | 1.2.7 | PVC, weich |
| | 1.2.8 | Sonst |
| 1.3 Oberfläche | 1.3.1 | Glatt |
| | 1.3.2 | Gerillt |
| | 1.3.3 | Geriffelt |
| 1.4 Auflösung | 1.4.1 | Farbe |
| | 1.4.2 | Beschriftung |
| | 1.4.3 | Piktogramme |
| 1.5 Sicherheit | 1.5.1 | Bruchsicherheit |
| | 1.5.2 | Chemische Beständigkeit |
| | 1.5.3 | Wärmeleitfähigkeit |
| | 1.5.4 | Elektrische Leitfähigkeit |
| 1.6 Funktionsräume | 1.6.1 | Sichträume |
| | 1.6.2 | Greifräume |
| | 1.6.3 | Bewegungsräume |
| 1.7 Tote Zone | 1.7.1 | Besteht |
| 1.8 Position | 1.8.1 | Vertikal |
| | 1.8.2 | Horizontal |
| 1.9 Form | 1.9.1 | Multiple Rotation |
| | 1.9.2 | Fraktionelle Rotation |
| | 1.9.3 | Raststellung |
| 1.10 Geometrie | 1.10.1 | Größe |
| | 1.10.2 | Höhe |
| | 1.10.3 | Breite |
| | 1.10.4 | Länge |
| | 1.10.5 | Durchmesser |
| | 1.10.6 | Anzahl |
| | 1.10.7 | Anschluss |

Tabelle 38: Merkmale des Produktes während der Anwendung eines Produktes[235]

[235] Eigene Tabelle.

| 2. Kontakt mit dem Produkt | | | |
|---|---|---|---|
| 2.1 Hand | Greifart | 2.1.1 | Kontaktgriff |
| | | 2.1.2 | Zufassungsgriff |
| | | 2.1.3 | Umfassungsgriff |
| 2.2 Handhaltung | Handgelenk | 2.2.1 | Dorsal-volar (oben-unten) |
| | Handgelenk | 2.2.2 | Ulnar-radial (links-rechts)(B) |
| | Unterarm | 2.2.3 | Supination-Pronation |
| 2.3 Fuß | | 2.3.1 | Pedale |
| | | 2.3.2 | Schalter |
| | | 2.3.3 | Hebel |
| | | 2.3.4 | Schaltleiste |
| 2.4 Wahrnehmung | Rückmeldung | 2.4.1 | Visuelle Analoganzeigen |
| | | 2.4.2 | Visuelle Digitalanzeigen |
| | | 2.4.3 | null |
| | | 2.4.4 | Taktil |
| 2.5 Haltung | Körperhaltung | 2.5.1 | Stehen |
| | | 2.5.2 | Sitzen |
| | | 2.5.3 | Liegen |
| | | 2.5.4 | Knien |
| | | 2.5.5 | Hocken |
| | Bewegungsform | 2.5.6 | Hand (siehe die Handhaltung) |
| | | 2.5.7 | Bihänder |
| | | | Arm |
| | | 2.5.8 | Beide Arme unter Schulterhöhe |
| | | 2.5.9 | Ein Arm auf oder über Schulterhöhe |
| | | 2.5.10 | Beide Arme auf oder über Schulterhöhe |
| | | | Rücken |
| | | 2.5.11 | Gerade |
| | | 2.5.12 | Nach vorne gebeugt |
| | | 2.5.13 | Verdreht |
| | | 2.5.14 | Gebeugt und verdreht |
| | | | Bein |
| | | 2.5.15 | Sitzend |
| | | 2.5.16 | Stehend mit beiden Beinen gestreckt |
| | | 2.5.17 | Stehend mit einem Bein gestreckt |
| | | 2.5.18 | Beide Knie gebeugt |
| | | 2.5.19 | Ein Knie gebeugt |
| | | 2.5.20 | Kniend |
| | | 2.5.21 | Gehend |

Tabelle 39: Kontakt mit dem Produkt während der Anwendung eines Produktes[236]

[236] Eigene Tabelle.

| 3. Durchführung | | |
|---|---|---|
| 3.1 Bewegungsumfang | 3.1.1 | Horizontal-frontal |
| | 3.1.2 | Frontal-sagittal |
| | 3.1.3 | Sagittal-horizontal |
| 3.2 Kopplungsart | 3.2.1 | Formschluss |
| | 3.2.2 | Reibschluss |
| 3.3 Genauigkeit | 3.3.1 | Fein |
| | 3.3.2 | Grob |
| 3.4 Handbetätigte Stellteile | 3.4.1 | Erreichbarkeit der Stellteile |
| | 3.4.2 | Behinderungen beim Zugriff |
| | 3.4.3 | Notwendige Kraftübertragung |
| | 3.4.4 | Häufigkeit der Bedienung |
| | 3.4.5 | Ein- oder beidhändige Bedienung |
| | 3.4.6 | Belastung durch statische Halte und Haltungsarbeit |
| | 3.4.7 | Belastung durch dynamische Muskelarbeit |
| | 3.4.8 | Notwendige Stellgenauigkeit |
| | 3.4.9 | Notwendige Stellgeschwindigkeit |
| | 3.4.10 | Visuelle Kontrollmöglichkeit |
| | 3.4.11 | Kompatibilität |
| | 3.4.12 | Verletzungsgefährdung |
| | 3.4.13 | Sicherheit gegen unbeabsichtigtes Stellen |
| Stellteile | 3.5.1 | Drehen |
| | 3.5.2 | Schwenken |
| | 3.5.3 | Drücken |
| | 3.5.4 | Schieben |
| | 3.5.5 | Ziehen |
| Form | 3.6.1 | Multiple Rotation |
| | 3.6.2 | Fraktionelle Rotation |
| | 3.6.3 | Raststellung |
| Kräfte | 3.7.1 | Druckspannung |
| | 3.7.2 | Größe |
| | 3.7.3 | Zulässige Last |
| | 3.7.4 | Steifigkeit |
| | 3.7.5 | Zulässige Verformung |
| | 3.7.6 | Stabilität |
| | 3.7.7 | Federeigenschaften |

Tabelle 40: Durchführung während der Anwendung eines Produktes[237]

Durch neu erarbeitete Merkmale kann man basierend auf der Ursache des Scheiterns ein zu verbesserndes Merkmal bestimmen. Die Durchführung der Regulierung der Wassermenge ist als Beispiel in Tabelle 41 gezeigt. In der letzten Spalte stehen Merkmalcodes, die sich gemäß der erstellten Definition der Merkmale auf die zu verbessernden Merkmale beziehen.

[237] Eigene Tabelle.

| Produkt | Tätigkeit | Einheit | Funktion | Mögliches Verhalten | Erfolgreiches Verhalten/ Scheitern | Ursache | Zu verbessernde Merkmale |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wasserhahn | Regulierung der Wassermenge | Hals | Beugen | Kopf runter | Kopf runter | | 1.6.1 |
| | | | | | Man kann den Wasserhahn nicht sehen | Höhe des Duschkopfs | |
| | | Schulter | Beugen | Arm hebt | Arm hebt | | 1.6.2/ 2.5.9 |
| | | | | | Man kann den Wasserhahn nicht erreichen | Höhe des Duschkopfs | |
| | | Unterarm | Pronation | Unterarm dreht | Unterarm dreht und Hand hält | | 2.2.3/ 3.1.1/ 3.3.1/ 3.3.2/ 3.4.4/ 3.4.5/ |
| | | | | | Unterarm dreht nicht | Drehbarer Wasserhahn | |

Tabelle 41: Anwendung der beiden baumförmigen Methoden[238]

## D3 Methoden in der Phase der Anforderungsspezifikation

### D3.1 Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse

Der wesentliche Bestandteil und die Vorgehensweise der FMEA wurden im Kapitel C dargestellt. Die FMEA wird oft zum Erkennen der Ausfälle und zum Beurteilen der Systemfunktionsfähigkeiten angewendet.[239] Die Vorgehensweise zur Produktentwicklung in dieser Arbeit muss erneut definiert werden, um sich an die Anforderungen dieses erarbeiteten Modells anzupassen. Die Durchführung der FMEA kann gemäß der vier Blöcke schrittweise in folgenden Abschnitten erklärt werden.

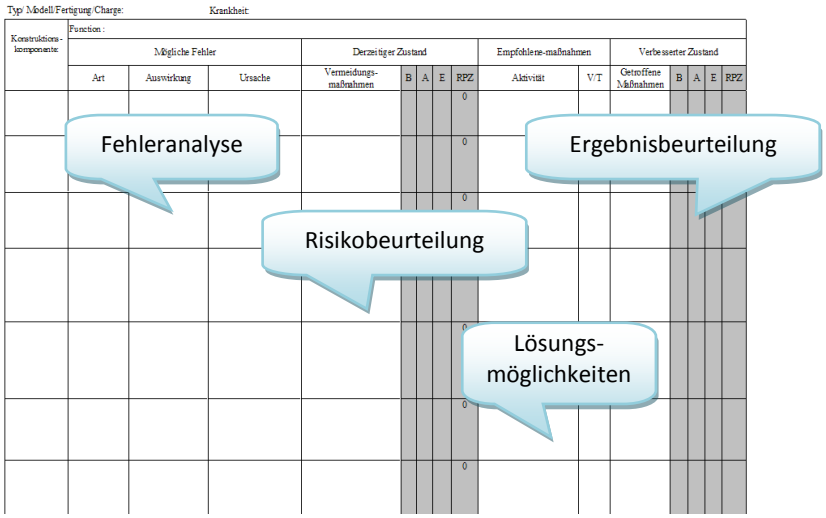



Abbildung 46: Vier Teile des FMEA-Formblatts[240]

[238] Eigene Tabelle.
[239] Vgl. Deutsches Institut für Normung (2006), S. 8.
[240] Eigene Tabelle in Anlehnung an Kamiske, Gerd F. und Brauer, Jörg-Peter (2007), S. 69f.

***Definition der Fehleranalyse***

Der Inhalt der Fehleranalyse in der FMEA leitet sich teilweise von der Ereignisbaumanalyse und der Fehlerbaumanalyse ab. Der Inhalt der ersten Spalte der Fehleranalyse, Konstruktionskomponente genannt, stammt von den in der baumförmigen Analyse festgelegten Merkmalen, die zum Scheitern führen können (siehe Abbildung 47). Der zweite Schritt, Auswirkung genannt, kann dann vom Scheitern in der Ereignisbaumanalyse direkt übertragen werden. Die anschließende Ursache kann auch von der Fehlerbaumanalyse in die dritte Spalte „Ursache“ übertragen werden. Wenn alle Spalten der Fehleranalyse ausgefüllt wurden, kann im nächsten Schritt die Risikobeurteilung erfolgen.

| ①Konstruktionskomponente | Funktion | | |
|---|---|---|---|
| | Mögliche Fehler | | |
| | Art | ②Auswirkung | ③Ursache |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Merkmale

Aus der Ereignisbaumanalyse stammende Auswirkung

Aus der Fehlerbaumanalyse stammende Ursache

Abbildung 47: Fehleranalyse der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse

***Definition und Klassifizierung der Skala des Risikos im Fall der aktuellen Recherche***

In der Risikobeurteilung wird das mögliche Risiko durch vielseitig prognostizierte Werte beurteilt, wie erstens das potentielle Risiko aus einer unpassenden Gestaltung, zweitens die durch die unpassende Gestaltung verursachte Auswirkung und drittens die Entdeckungsmöglichkeit dieses Risikos vor dem Verkauf. Das Kriterium jedes Wertes wird nach Bedarf geändert und in den folgenden Abschnitten erklärt.

| Derzeitiger Zustand | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Vermeidungsmaßnahmen | A | B | E | RPZ |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Risikobeurteilung

Abbildung 48: Risikobeurteilung der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse

A: Auftretenswahrscheinlichkeit
B: Bedeutung der Folgen
E: Entdeckungswahrscheinlichkeit
RPZ: Risikoprioritätszahl

1. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens

Das Bestimmen der Auftretenswahrscheinlichkeit muss sich auf interessierende Zeitspannen beziehen. Die Häufigkeit kann als eine Kennzahl zur Abschätzung der Möglichkeit eines Auftretens während einer Aufgabe oder einer bestimmten Lebensdauer eines Produktes verwendet werden.[241] Dennoch werden alle Merkmale des Produktes, die nicht alle als ein Gegenstand zur Auftretenswahrscheinlichkeit beurteilt werden, in dieser Dissertation erst integriert und definiert. Deswegen sind die Auftretenswahrscheinlichkeiten des Ausfalles dieser Parameter schwierig abzuschätzen, denn die Häufigkeit des Produktausfalls wurde noch nicht vollständig untersucht und in der Skala nicht genau klassiert. Aus diesem Grund wird die Skala der Auftretenswahrscheinlichkeit der FMEA in dieser Dissertation mit weniger Skalanoten abgeschätzt (Tabelle 42).

| Rang | Kriterien |
|---|---|
| 1 | Niedrig: relativ wenig Ausfälle |
| 5 | Mittelmäßig: gelegentliche Ausfälle |
| 10 | Sehr hoch: Ausfall ist fast unvermeidbar |

Tabelle 42: Auftretenswahrscheinlichkeit in der FMEA in der vorliegenden Arbeit

2. Die Bedeutung der Folgen eines Fehlers

Die Rangzahl der Bedeutung jedes Ausfalls basiert auf der Schwere der Auswirkung auf die Leistung eines Systems.[242] In dieser Arbeit bezieht sich die Zahl auf die Schwere der Leistungsfähigkeit der Betroffenen, die von dem Ausfall ausgelöst wird, deswegen muss ein neues Kriterium zur Bewertung der Auswirkung aufgestellt werden. Tabelle 43 zeigt Kriterien für verschiedene Schweregrade, die der Ausfall einer Tätigkeit zur Folge haben kann. Unter den Kriterien stehen drei Schweregrade der Verletzung im Rang von sieben bis neun, die in leichte, mittlere und schwere Verletzung eingeteilt werden. Um diese drei Schweregrade zu definieren, werden Dringlichkeitskategorien als Referenz zitiert.

[241] Vgl. Deutsches Institut für Normung (2006), S. 24.
[242] Vgl. Deutsches Institut für Normung (2006), S. 23.

| Rang | Kriterien |
|---|---|
| 1 | Kein direkter Zusammenhang |
| 2 | Durchführung der Tätigkeit ohne Probleme |
| 3 | Durchführung der Tätigkeit mit ausgleichenden Funktionen |
| 4 | Durchführung der Tätigkeit mit einem Hilfsmittel |
| 5 | Durchführung der Tätigkeit mit resultierender Verletzung |
| 6 | Nichtdurchführbarkeit der Tätigkeit ohne resultierende Verletzung |
| 7 | Nichtdurchführbarkeit der Tätigkeit mit **leichter** Verletzung als Folge |
| 8 | Nichtdurchführbarkeit der Tätigkeit mit **mittlerer** Verletzung als Folge |
| 9 | Nichtdurchführbarkeit der Tätigkeit mit **schwerer** Verletzung als Folge |
| 10 | Nichtdurchführbarkeit der Tätigkeit mit Todesfolge |

Tabelle 43: Kriterien zur Definition der Bedeutung der Folgen eines Fehlers

Die Triage bzw. die Sichtung beim Großunfall ist eine Anleitung zur Beurteilung der Versorgungsdringlichkeit der Verletzten. Die Verletzten werden im Katastrophenfall den Dringlichkeitskategorien T1 bis T4 zugeordnet. Bei der Triage kann der Schweregrad des Verletzten durch einen erfahrenen Arzt schnell einer der vier Kategorien zugeordnet werden. Tabelle 44 zeigt die Dringlichkeitskategorien mit typischen Verletzungsmustern.[243]

[243] Vgl. Weidringer, Johann Wilhelm (2010), S. 86.

| Kategorie | Dringlichkeitsbehandlung | Verletzungen (Beispiel) |
|---|---|---|
| T1:<br>Akute, vitale Bedrohung | Sofortmaßnahmen | Störung der Atmung |
| | | Schwere Blutung |
| | | Schock |
| | | Schwere Verbrennungen |
| | | Spannungspneumothorax |
| T2a:<br>Schwer verletzt/erkrankt | Vermeidung bleibender Schäden innerhalb einer 6-8 Stundengrenze | Perforierende Verletzungen des Rumpfes |
| | | Offene Extremitätenfrakturen |
| | | Schwere Augenverletzungen |
| | | Offene Schädel-Hirn-Verletzungen |
| | | Rückenmarksverletzungen mit Lähmung |
| | | Verletzung innerer Organe |
| | | Verletzungen großer Extremitäten-Arterien ohne schwere Blutung |
| | | Offene Gelenksverletzungen |
| | | Gesichts- und Atemwegsverbrennungen II. und III. Grades |
| | | Polytrauma mit Überlebenschance |
| T2b:<br>Schwer verletzt/erkrankt | Operative Versorgung innerhalb der ersten 6-24 h nach dem Schadensereignis | Knochenbrüche und Luxationen ohne Ischämie |
| | | Schädel-Hirn-Trauma ohne Hirndruckzeichen |
| | | Ausgedehnte Weichteilverletzungen |
| | | Größere, jedoch nicht akut lebensbedrohliche Verbrennungen |
| | | Amputationspflichtige Extremitätenverletzungen |
| T3<br>Leicht verletzt/erkrankt | Leichtverletzte | Prellungen |
| | | Distorsionen |
| | | Schürfwunden |
| | | Kleinflächige Verbrennungen I. – II. Grades |
| T4<br>Geringe oder keine Überlebenschance | Aktuell nicht behandelbare Schwerstverletzte | Schwere Polytraumata |
| | | Verbrennungen über 50% der Körperoberfläche |

Tabelle 44: Dringlichkeitskategorien mit typischen Verletzungsmustern[244]

Gemäß den Dringlichkeitskategorien wird die vitale Bedrohung mit der Farbe Rot markiert, um die Dringlichkeit zu betonen. Hinter der vitalen Bedrohung stehen schwere und leichte Verletzungen, die mit der Farbe Gelb beziehungsweise Grün markiert werden. Keine Überlebenschance wird mit der Farbe Grau markiert. Diese vier Grade entsprechen dem in dieser Dissertation erstellten Rang von sieben bis zehn bei den Kriterien zur Bedeutung der Folgen. Die Bestimmung der Schweregrade ist in Tabelle 45 gezeigt.

[244] Vgl. Ebenda, S. 86.

| Rang | Kriterien |
|---|---|
| 1 | Kein direkter Zusammenhang |
| 2 | Durchführung der Tätigkeit ohne Probleme |
| 3 | Durchführung der Tätigkeit mit den ausgleichenden Funktionen |
| 4 | Durchführung der Tätigkeit mit dem Hilfsmittel |
| 5 | Durchführung der Tätigkeit mit resultierender Verletzung |
| 6 | Nichtdurchführbarkeit der Tätigkeit ohne resultierende Verletzung |
| 7 | Nichtdurchführbarkeit der Tätigkeit mit **leichter** Verletzung als Folge **T3** |
| 8 | Nichtdurchführbarkeit der Tätigkeit mit **mittlerer** Verletzung als Folge **T2** |
| 9 | Nichtdurchführbarkeit der Tätigkeit mit **schwerer** Verletzung als Folge **T1** |
| 10 | Nichtdurchführbarkeit der Tätigkeit mit Todesfolge **T4** |

| Kategorie | Dringlichkeit |
|---|---|
| T1: | Akute,vitale Bedrohung |
| T2a: | Schwer verletzt/erkrankt |
| T2b: | Schwer verletzt/erkrankt |
| T3 | Leicht verletzt-erkrankt |
| T4 | Keine Überlebenschance |

Tabelle 45: Dringlichkeitskategorien mit dem entsprechenden Verletzungsgrad[245]

[245] Eigene Tabelle.

3. Wahrscheinlichkeit für die Entdeckung des Fehlers

In Abbildung 49 ist der von Pahl u. a. aufgestellte Lebenslauf eines Produktes dargestellt.[246] Gemäß dem Lebenslauf kann die Skala zur Bewertung für die Entdeckung des Fehlers festgelegt werden. Je früher eine Ausfallart während des Lebenslaufs eines Produktes entdeckt werden kann, desto niedriger wird die Risikozahl angegeben (siehe Tabelle 46).

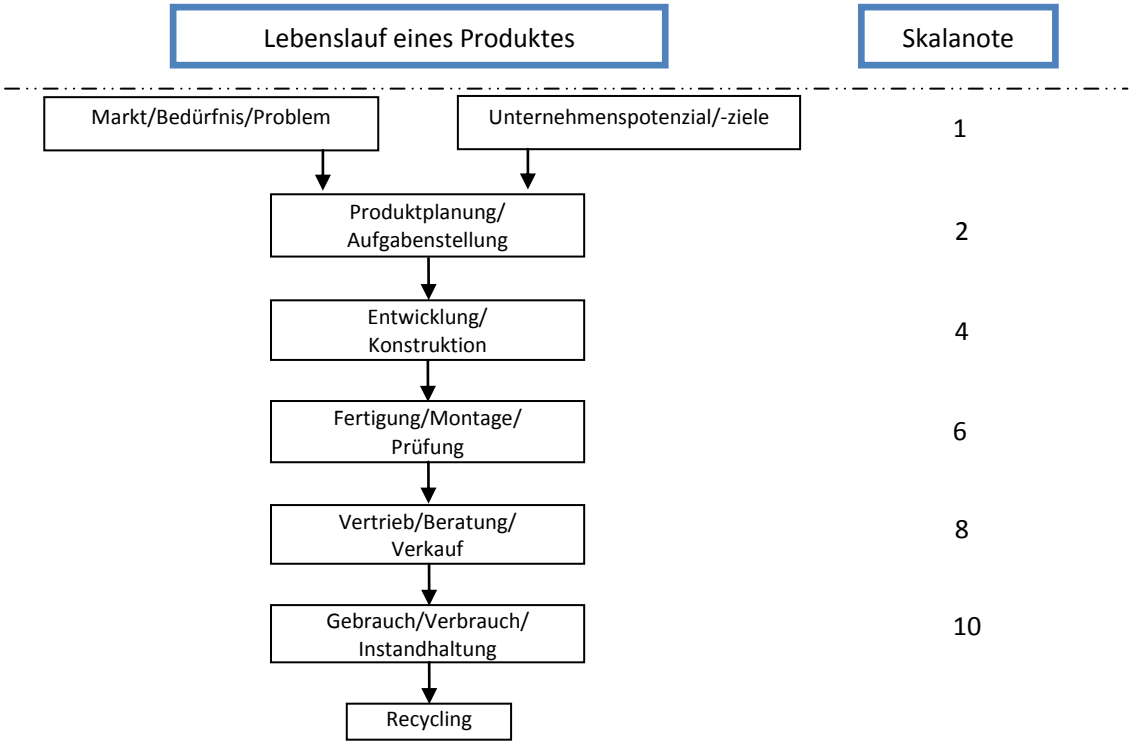



Abbildung 49: Lebenslauf eines Produktes nach Pahl u. a.[247]

| Rang | Kriterien |
|---|---|
| 1 | Bedürfnis/ Unternehmensziel |
| 2 | Produktplanung/ Aufgabenstellung |
| 4 | Entwicklung/ Konstruktion |
| 6 | Fertigung/ Montage/ Prüfung |
| 8 | Vertrieb/ Beratung/ Verkauf |
| 10 | Gebrauch/ Verbrauch/ Instandhaltung |

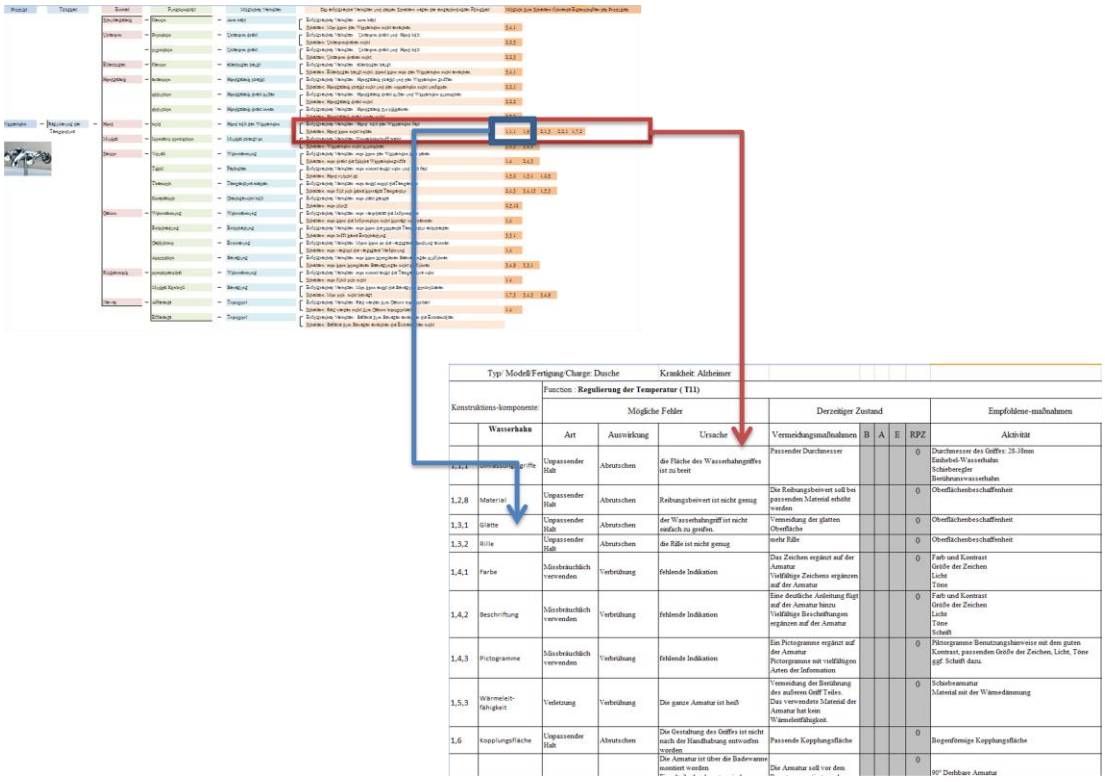
Tabelle 46: Kriterien zur Definition der Entdeckung des Fehlers[248]

[246] Vgl. Pahl, Gerhard u.a. (2007), S. 3.
[247] Vgl. Ebenda, S. 3.
[248] Eigene Tabelle.

Nach der Bestimmung der drei Bewertungen ergibt sich die Risikoprioritätszahl (RPZ) durch das Multiplizieren der drei Bewertungen, dabei kann die Priorität zur Verhütung eingestuft werden. Mit den bereits festgelegten Ursachen können Vermeidungsmaßnahmen, die Auswirkungen verringern und Fehler entdecken, entwickelt werden.

***Kurze Zusammenfassung der Durchführung der Teile Fehleranalyse und Risikobeurteilung***

Die Ereignisbaumanalyse zeigt ein mögliches Verhalten während der Anwendung einer vorgegebenen Armatur im Badezimmer und Erfolg oder Scheitern. Im oberen Teil von Abbildung 50 ist der Ereignisbaum abgebildet. In der letzten Spalte stehen die entsprechenden Merkmale des Produktes, die potenziell der Verbesserung dienen.



Typ/ Modell/Fertigung/Charge: Dusche — Krankheit: Alzheimer

| Konstruktions-komponente | | Function : **Regulierung der Temperatur ( T11)** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mögliche Fehler | | | Derzeitiger Zustand | | | | Empfohlene-maßnahmen | |
| | **Wasserhahn** | Art | Auswirkung | Ursache | Vermeidungsmaßnahmen | B | A | E | RPZ | Aktivität |
| 1,2,4,1 | Durchmesser Griffe | Unpassender Halt | Abrutschen | die Fläche des Wasserhahngriffes ist zu breit | Passender Durchmesser | | | | 0 | Durchmesser des Griffes: 28-38mm<br>Einhebel-Wasserhahn<br>Schieberegler<br>Berührungswasserhahn |
| 1,2,8 | Material | Unpassender Halt | Abrutschen | Reibungsbeiwert ist nicht genug | Die Reibungsbeiwert soll bei passenden Material erhöht werden | | | | 0 | Oberflächenbeschaffenheit |
| 1,3,1 | Glätte | Unpassender Halt | Abrutschen | der Wasserhahngriff ist nicht einfach zu greifen. | Vermeidung der glatten Oberfläche | | | | 0 | Oberflächenbeschaffenheit |
| 1,3,2 | Rille | Unpassender Halt | Abrutschen | die Rille ist nicht genug | mehr Rille | | | | 0 | Oberflächenbeschaffenheit |
| 1,4,1 | Farbe | Missbräuchlich verwenden | Verbrühung | fehlende Indikation | Das Zeichen ergänzt auf der Armatur<br>Vielfältige Zeichens ergänzen auf der Armatur | | | | 0 | Farb und Kontrast<br>Größe der Zeichen<br>Licht<br>Töne |
| 1,4,2 | Beschriftung | Missbräuchlich verwenden | Verbrühung | fehlende Indikation | Eine deutliche Anleitung fügt auf der Armatur hinzu<br>Vielfältige Beschriftungen ergänzen auf der Armatur | | | | 0 | Farb und Kontrast<br>Größe der Zeichen<br>Licht<br>Töne<br>Schrift |
| 1,4,3 | Pictogramme | Missbräuchlich verwenden | Verbrühung | fehlende Indikation | Ein Pictogramme ergänzt auf der Armatur<br>Pictogramme mit vielfältigen Arten der Information | | | | 0 | Piktogramme Benutzungshinweise mit den guten Kontrast, passenden Größe der Zeichen, Licht, Töne ggf. Schrift dazu. |
| 1,5,3 | Wärmeleit-fähigkeit | Verletzung | Verbrühung | Die ganze Armatur ist heiß | Vermeidung der Berührung des äußeren Griff Teiles.<br>Das verwendete Material der Armatur hat kein Wärmeleitfähigkeit. | | | | 0 | Schiebearmatur<br>Material mit der Wärmedämmung |
| 1,6 | Kopplungsfläche | Unpassender Halt | Abrutschen | Die Gestaltung des Griffes ist nicht nach der Handhabung entworfen worden | Passende Kopplungsfläche | | | | 0 | Bogenförmige Kopplungsfläche |
| | | | | Die Armatur ist über die Badewanne montiert worden | Die Armatur soll vor dem | | | | 0 | 90° Drehbare Armatur |

Abbildung 50: Entwicklung der Maßnahmen durch die baumförmige Analyse und Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)[249]

Merkmal in der baumförmigen Analyse kann als ein Forschungsgegenstand betrachtet werden, um potenzielle Fehler in der FMEA zu untersuchen. In der ersten Spalte der FMEA kann man die zugeordnete Fehlerart eingeben und deren Ursache und Auswirkung in den nächsten Spalten auflisten, um die Risikoprioritätszahl auszuwerten. Der Datenfluss zwischen beiden Methoden wird in Abbildung 50 durch den blauen Pfeil dargestellt.

[249] Eigene Abbildung.

Nach einem Scheitern der Anwendung eines Produktes analysiert man Merkmale des Produktes, die bei einer Anwendung von Menschen mit eingeschränkten Fähigkeiten zum Scheitern führen. Danach werden mögliche Verbesserungsvorschläge bzw. Maßnahmen zur Verbesserung dieser Merkmale entwickelt und in der FMEA aufgelistet. Dieser Ablauf des Prozesses wird in Abbildung 50 durch den roten Pfeil dargestellt.

***Definition der Lösungsmöglichkeiten***

Nach Auflistung aller möglichen Fehler und unter allen entsprechenden Vermeidungsmaßnahmen kann eine geeignete Maßnahme zur Fehlervermeidung durch eine Diskussion der Expertengruppe getroffen und durchgeführt werden.[250] Dabei müssen zusätzliche Informationen eingetragen werden, z. B. eine verantwortliche Person und der Realisierungstermin dieser Maßnahme (Tabelle 47).

| Empfohlene Maßnahmen | |
|---|---|
| Aktivität | V/T |
| | |
| Lösungs-möglichkeiten | |
| | |
| | |
| | |

V/T= Verantwortlicher und Realisierungstermin

Tabelle 47: Lösungsmöglichkeiten der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse

***Definition der Ergebnisbeurteilung***

Die Ergebnisbeurteilung der FMEA wird bis zur Erzeugung eines erneuerten Produktes bzw. nach der Analyse des morphologischen Kastens erneut bewertet (Tabelle 48). Die Ergebnisbeurteilung der FMEA wird als ein quantitatives Ergebnis betrachtet, im Gegensatz dazu wird die Flussdiagrammanalyse als ein qualitatives Mittel zur Bewertung des Modells und der Nützlichkeit des erneuerten Produktes angesehen.

| Verbesserter Zustand | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Getroffene Maßnahmen | A | B | E | RPZ |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Ergebnisbeurteilung

Tabelle 48: Ergebnisbeurteilung der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse

[250] Vgl. Kamiske, Gerd F. und Brauer, Jörg-Peter (2007), S. 73.

## D3.2 Morphologischer Kasten

Die Methode des Morphologischen Kastens findet vielfach Anwendung z. B. für Entdeckungen, Erfindungen und zur Erweiterung der Kenntnisse über Forschungsgegenstände. Anhand der von Zwicky entwickelten Vorgehensweise kann man den Morphologischen Kasten schrittweise aufbauen.[251] Die Vorgehensweise zur Lösung eines Problems wird in Tabelle 49, linke Spalte gezeigt. Zur Produktentwicklung kann die Vorgehensweise des Morphologischen Kastens angepasst werden, um das Ziel dieser Dissertation zu realisieren. Die Vorgehensweise zur Produktgestaltung im morphologischen Kasten wird in den folgenden Abschnitten dargestellt.

| Allgemeine Vorgehensweise | | Vorgehensweise zur Produktentwicklung |
|---|---|---|
| 1. Definition des Problems | | 1. Definition der Funktion und Merkmale des Produktes |
| 2. Lokalisierung aller Lösungen | | 2. Ermittlung aller möglichen Ausprägungen |
| 3. Aufstellung des morphologischen Kastens | | 3. Aufstellung des morphologischen Kastens |
| 4. Analyse aller Lösungen | | 4. Analyse aller Lösungen |
| 5. Wahl der optimalen Lösung | | 5. Wahl der optimalen Lösung |

Tabelle 49: Vorgehensweise des morphologischen Kastens und der vorliegenden Arbeit[252]

***Definition der Funktion und Merkmale des Produktes***

Die Definition der Funktion eines Produktes dient dazu, den Nutzen dieses Produktes deutlich zu machen. Diese Definition gilt auch als ein Kriterium, das im Weiteren für die Auswahl der Merkmale nützlich ist. Die Merkmale des Produktes wurden bereits in dem vorherigen Schritt zur Risikoanalyse in der FMEA-Methode festgelegt. Die Merkmale stehen bei der Produktgestaltung im Vordergrund, da sie gleichzeitig eine Darstellung einer wichtigen Funktion sind, z. B. dient eine geriffelte Oberfläche der Rutschfestigkeit und ein rotes Zeichen einer Rückmeldung der Warnung.

Nach Pahl u. a. kann eine Funktion durch die Beschreibung der Eingangs- und Ausgangsgrößen des ganzen Vorgangs der Anwendung definiert werden, wie in Abbildung 51 ersichtlich, somit werden bestimmte Funktionen erfüllt.[253] Eine Gesamtfunktion lässt sich in viele Teilfunktionen unterteilen, durch die die Gesamtfunktion bzw. das Ziel der Verwendung erfüllt werden kann.

Die Verbindung der Teilfunktionen stellt in diesem Fall auch eine notwendige Voraussetzung dar, weil die Teilfunktionen zuerst erfüllt werden müssen, dann kann die Gesamtfunktion problemlos erfüllt werden. Außerdem muss die Verträglichkeit zwischen den Teilfunktionen berücksichtigt werden. Eine sinnvolle und verträgliche Verbindung zwischen den Teilfunktionen baut eine Funktionsstruktur auf, in der es viele Varianten des Merkmales zur Erfüllung der Gesamtfunktion gibt.

[251] Vgl. Zwicky, Fritz (1989), S. 90.
[252] Eigene Tabelle.
[253] Vgl. Pahl, Gerhard u.a. (2007), S. 43.

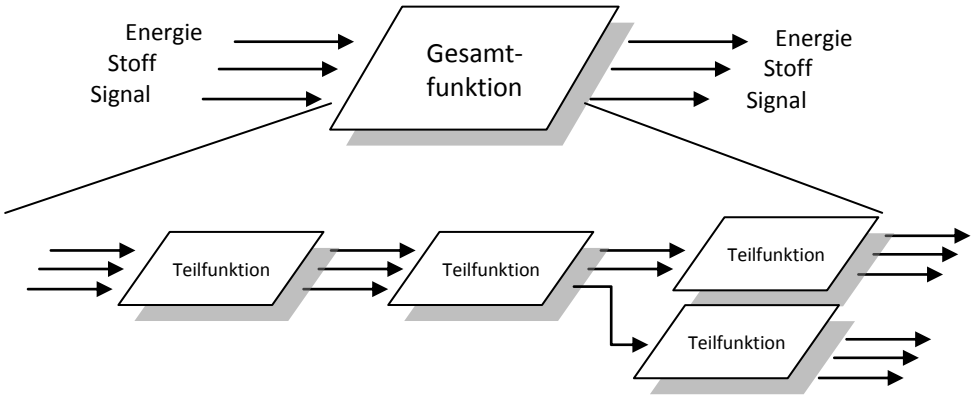



Abbildung 51: Bilden einer Funktionsstruktur durch Aufgliedern einer Gesamtfunktion in Teilfunktionen[254]

Die Funktion kann gemäß ihrem Zweck weiter unterteilt werden, daher kann eine Baumstruktur der Funktionsart mit hierarchischer Zuordnung aufgebaut werden (siehe Abbildung 52). Die vier Funktionsarten werden in den folgenden Abschnitten erklärt.[255]

- Gesamtfunktion: Die Gesamtfunktion ist die Gesamtwirkung aller Teilfunktionen, die der Funktionsstruktur untergeordnet werden. Gesamtfunktionen können auch Haupt- oder Nebenfunktionen sein.
- Hauptfunktion: Die Hauptfunktion dient direkt der Erfüllung der Gesamtfunktion. Bei einem einfachen Produkt kann eine Hauptfunktion eine Gesamtfunktion sein.
- Nebenfunktion: Die Nebenfunktion ordnet sich nicht der Hauptfunktion zu, dennoch trägt sie direkt zur Erfüllung der Gesamtfunktion bei.
- Teilfunktion: Das Zusammenwirken der Teilfunktionen kann eine Gesamtfunktion erzielen.

[254] Vgl. Ebenda, S. 43.
[255] Vgl. Naefe, Paul (2009), S. 58.

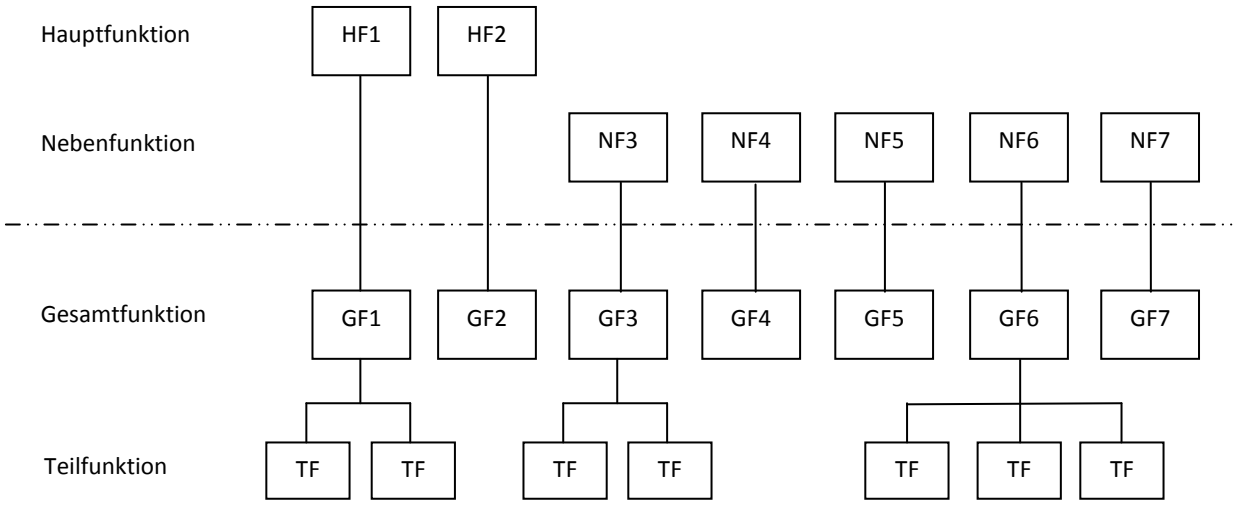



Abbildung 52: Funktionsarten und -struktur[256]

***Ermittlung aller möglichen Ausprägungen***

In der Spalte „empfohlene Maßnahmen“ der FMEA stehen zahlreiche Lösungsmöglichkeiten, die als mögliche Ausprägungen bzw. Merkmale betrachtet und in den morphologischen Kasten übertragen werden können (siehe Abbildung 53). Nicht nur Lösungsmöglichkeiten der FMEA werden als Merkmale angesehen, bei der Diskussion können auch Vorschläge der Expertengruppe in den morphologischen Kasten zusätzlich eingeführt werden.

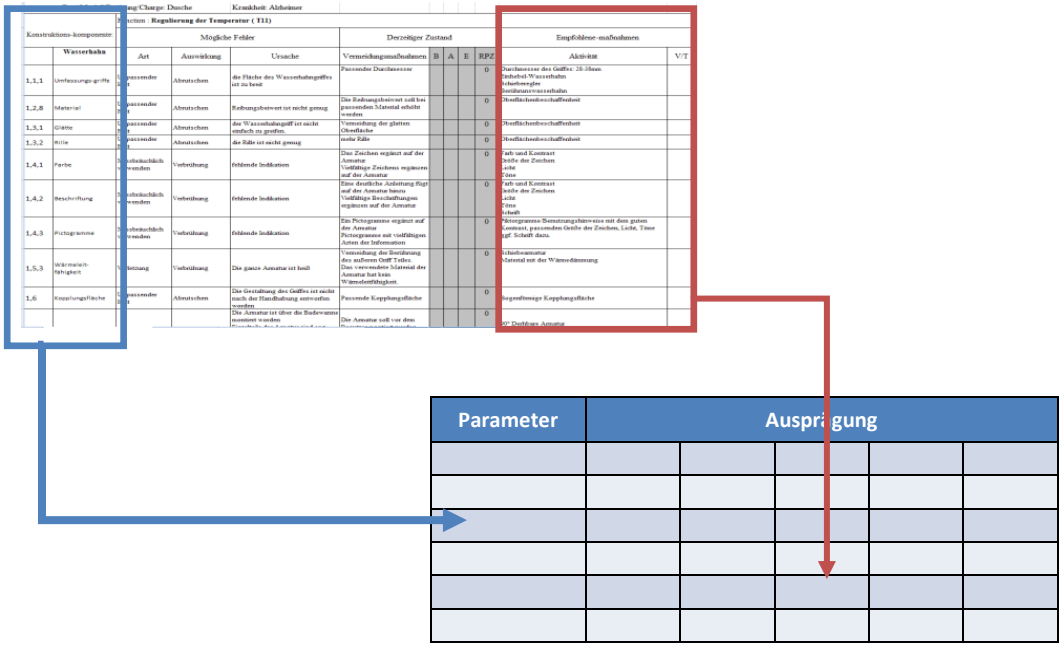



Abbildung 53: Quelle des morphologischen Kastens[257]

[256] Vgl. Ebenda, S. 58.
[257] Eigene Abbildung.

***Aufstellung des morphologischen Kastens***

Um die Struktur des morphologischen Kastens aufzustellen, müssen Parameter (Merkmalsarten) und Ausprägungen (Merkmale) in den Kasten eingetragen werden. Merkmale können hierbei nicht nur aus der Lösungsmöglichkeit in der FMEA bestehen, sondern auch aus Vorschlägen, die von einer Expertengruppe während der Diskussion empfohlen wurden. Um eine Ausprägung bzw. Lösung besser darzustellen kann jede Ausprägung nicht nur durch eine Beschreibung, sondern auch durch ein Bild dargestellt werden (siehe Abbildung 54). Auf diese Weise kann sich die Expertengruppe eine konkrete Vorstellung machen, vor allem wenn die Beteiligten aus unterschiedlichen fachlichen Bereichen kommen.

| Parameter | Ausprägung | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.1.1 | Passender Durchmesser des Griffes: 28-38mm | Einhebel-Wasserhahn | Schieberegler | Berührunswasserhahn | |
| 1.2.8 | Plexiglas | Kupfer | Email | Hartgumml | Messing , verchromt |
| 1.3.1 | Strahlen | Sandstrahlen | | | |
| 1.3.2 | 6 | 9 | 18 | | |
| 1.4.1 | | | | | |
| 1.4.2 | 1 2 3 4 5 6 | 1 2 3 4 5 6 | | | |
| 1.4.3 | | | | | |
| 1.6.1 | | | | | |

Abbildung 54: Exemplarische Darstellung eines morphologischen Kastens am Beispiel der Armatur[258]

***Analyse aller Lösungen***

Gemäß dem Vorschlag zur Suche einer Lösung auf dem Suchfeld (Abbildung 55)[259] empfiehlt es sich, dass sich die Expertengruppe mit dem Prinzip der Verträglichkeit zwischen den Merkmalen und der Nützlichkeit auseinandersetzt und alle möglichen Kombinationen der Merkmale bestimmt. Während der Diskussion kann die Expertengruppe weitere Möglichkeiten in den morphologischen Kasten eintragen, die vorher in der FMEA noch nicht gefunden wurden.

[258] Eigene Abbildung.
[259] Vgl. Naefe, Paul (2009), S. 68.

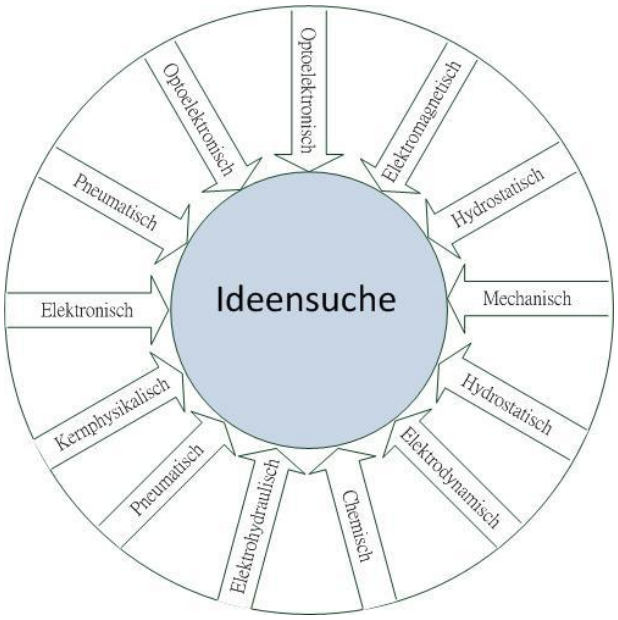



Abbildung 55: Suchfeld für neue Lösungen [260]

***Wahl der optimalen Lösung***

Nach der Diskussion in der Expertengruppe wird eine Kombination von vielen Merkmalen durch eine Linie verknüpft. Zur Auswahl einer Kombination kann man sich mit der Auswahlliste behelfen.[261] Im oberen Teil der Auswahlliste stehen Kriterien zur Auswahl geeigneter Lösungsvarianten, die als objektive Richtlinie dienen.

Die Funktion des Produktes wurde im ersten Schritt der Vorgehensweise des morphologischen Kastens bereits definiert. Das Vorliegen dieser Funktion in der Auswahlliste kann dabei helfen, dass alle nötigen Funktionen vorhanden sind, um die Anforderungen der Kunden zu erfüllen. Dabei muss wieder das Risiko geprüft werden, welches der letzte Schritt der FMEA untersucht, nämlich ob neue Merkmale Risiken verringern oder vermeiden können. Die übrigen Auswahlkriterien, wie Verträglichkeit, Forderungen der Anforderungsliste, grundsätzliche Realisierbarkeit, zulässiger Aufwand, unmittelbare Sicherheitstechnik und Bevorzugung im eigenen Bereich bevorzugt, werden ebenfalls nacheinander in die Tabelle übertragen (siehe Tabelle 50).

[260] Vgl. Ebenda, S. 58.
[261] Vgl. Ebenda, S. 77.

| Auswahlliste für | | | | | | | | | | | Blatt Seite |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lösungsvariante (Lv) eintragen | Lösungsvarianten (Lv) nach Auswahlkriterien beurteilen:<br>(+) ja<br>(-) nein<br>(?) Informationsmangel<br>(!) Anforderungsliste überprüfen | | | | | | | | | | Entscheiden |
| | Hauptfunktion | | | | | | | | | | Lösungsvarianten (Lv) kennzeichnen:<br>(+) Lösung weiter verfolgen<br>(-) Lösung scheidet aus<br>(?) Information beschaffen (Lösung erneut beurteilen)<br>(!) Anforderungsliste auf Änderung prüfen |
| | | Nebenfunktion | | | | | | | | | |
| | | | Risiken | | | | | | | | |
| | | | | Verträglichkeit gegeben | | | | | | | |
| | | | | | Forderungen der Anforderungsliste erfüllt | | | | | | |
| | | | | | | Grundsätzlich realisierbar | | | | | |
| | | | | | | | Aufwand zulässig | | | | |
| | | | | | | | | Unmittelbare Sicherheitstechnik gegeben | | | |
| | | | | | | | | | Im eigenen Bereich bevorzugt | | |
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | Bemerkung (Hinweise, Begründungen) | Entscheiden |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Datum: | | | | | | | Bearbeiter: | | | | |

Tabelle 50: Auswahlliste zur Einschränkung der Anzahl der Gesamtlösungen[262]

## D3.3 Flussdiagramm

Das Flussdiagramm, das den zeitlichen Verlauf einer Teiltätigkeit bei der Durchführung und Entscheidung darstellt, wird häufig zur Tätigkeitsanalyse angewendet.[263] Die Tätigkeitsanalyse ist eine Methode zur planmäßigen Beschreibung des Zusammenspiels zwischen dem Nutzer und dem Gerät und zum Verständnis, wie Anforderungen eines Systems der menschlichen Leistungsfähigkeiten zusammenpassen können. Bei der Tätigkeitsanalyse sind die Datensammlung und Zusammenfassung der Daten zwei hauptsächliche Aufgaben. Zuerst werden alle Aufgaben bezüglich der Tätigkeit gesammelt, danach werden sie im Flussdiagramm zusammengefasst und dargestellt.

[262] Vgl. Ebenda, S. 77.
[263] Vgl. Wickens, Christopher D. u.a. (2004), S. 45.

***Datensammlung***

Hendrick vertritt die Ansicht, dass bei der Entwicklung des Arbeitsplatzes nicht nur der Geschäftsführer, sondern auch die Mitarbeiter an der Gestaltung ihres Arbeitsplatzes teilnehmen sollen.[264] Ein Mitarbeiter am Arbeitsplatz kann als Betroffener betrachtet werden, deshalb muss ein Mitarbeiter ebenfalls an der Gestaltung des Systems teilhaben können. Diese wird auch als partizipatives Design (participatory design) bezeichnet. Damit müssen sich Mitarbeiter einer unpassenden Arbeitsplatzanordnung bei der Arbeit nicht beugen.

Gemäß dieses Konzepts des partizipativen Designs soll der Vorgang der Durchführung einer Tätigkeit nachvollziehbar sein. Daher wenden Fachleute für Ergonomie während der Untersuchung Vorgehensweisen wie Beobachtung, Fragebogen, Befragung, an, um diesen Vorgang zu begreifen. Dabei wird die Beobachtung als nützlich angesehen, weil die Darstellungen der Benutzer und ihre tatsächliche Handlungsweise nicht immer übereinstimmen. Bei der Befragung lassen sie wichtige Einzelheiten über die Arbeit hin und wieder weg oder sie verzerren Darstellungen, um nicht als ungeschickt zu gelten.[265]

Aus den oben genannten Gründen empfiehlt es sich, die Benutzer an der Gestaltung teilhaben zu lassen und die Daten durch Beobachtung zu sammeln. Nach der Analyse des morphologischen Kastens wurde in dieser Dissertation beschlossen, aus den Lösungsmöglichkeiten im morphologischen Kasten Prototypen zu erzeugen. Anschließend können Test-Benutzer gebeten werden, die Prototypen anzuwenden, während ein Forscher diesen Vorgang z. B. mit einer Kamera oder einer Videokamera aufnimmt und protokolliert. Die gesammelten Informationen werden dann im nächsten Schritt weiter mithilfe eines Diagramms dargestellt.

***Zusammenfassung der Daten***

Das Diagramm zeigt das Zusammenspiel zwischen dem Nutzer und dem Gerät durch Pfeile, die den Zeitablauf der Tätigkeit aufzeigen.

Der Zweck der Entwicklung eines Produktes ist nicht von der sich ständig verändernden Technologie abhängig, sondern von der Funktion des Produktes bei der Durchführung einer Tätigkeit.[266] Wenn man die Tätigkeitsanalyse durchführen möchte, muss man nicht nur Tätigkeiten, sondern auch Funktionen des Produktes berücksichtigen. Bei einem einfachen Produkt muss man nur mit einer Funktion eine Tätigkeit ausführen, z. B. mit einem Brieföffner einen Brief öffnen. Dagegen muss man bei einem komplizierten Produkt mehrere Tätigkeiten ausführen. Diese Tätigkeit gilt dann als ein Faktor zum Entwicklungszweck einer Funktion des Produktes. Ein Wasserhahn hat z. B. zwei Funktionen: die Regulierung der Wassermenge und der Temperatur.

[264] Vgl. Hendrick, Hal W. und Kleiner, Brian M. (2001), S. 12.
[265] Vgl. Wickens, Christopher D. u.a. (2004), S. 42.
[266] Vgl. Ebenda, S. 39.

Die Durchführung einer Analyse des Flussdiagramms kann sich deswegen auf die Hauptfunktion des Produktes konzentrieren. Am Beispiel des Wasserhahns in der Tätigkeit Duschen kann man durch die Hierarchieanalyse Teiltätigkeit und ihr dazugehöriges Produkt verbinden. Anschließend kann das Produkt in der Flussdiagrammanalyse weiter untersucht werden. Diesen Zusammenhang stellt Abbildung 56 dar.

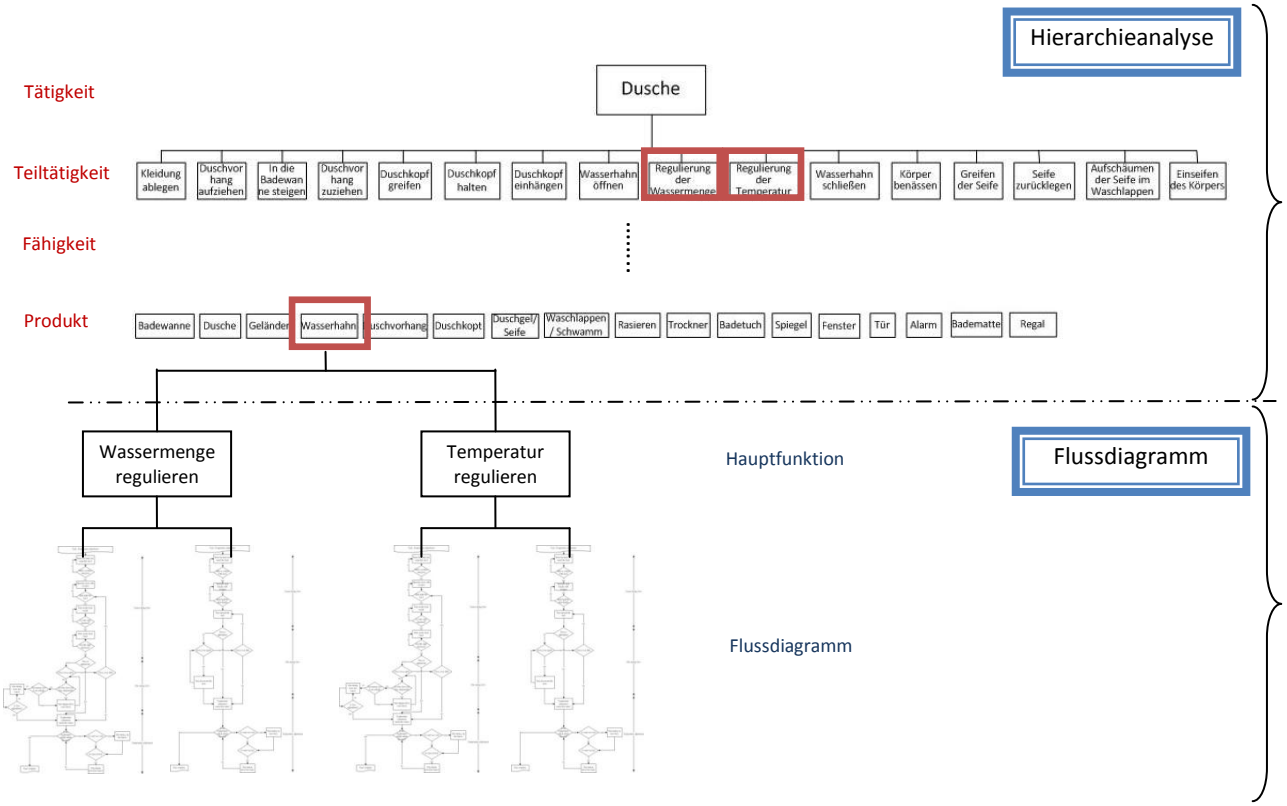



Abbildung 56: Vorbereitungsphase der Flussdiagrammanalyse[267]

Aus der Darstellung in Abbildung 56 ist ersichtlich, dass wenn eine Teiltätigkeit in mehrere Teiltätigkeiten unterteilt wird, eine Teiltätigkeit als Funktion dienen kann, die dann später für die Flussdiagrammanalyse geeignet ist. Nach der Feststellung einer zu untersuchenden Funktion kann die Flussdiagrammanalyse durchgeführt werden, um die Einfachheit der Bedienung und Gebrauchstauglichkeit qualitativ zu bewerten.

Das Ergebnis des Flussdiagramms kann dabei mithilfe der Symbole Reihenfolgen, Zugriffsmöglichkeiten und Zuordnungen aufgezeigt werden. Symbole stellen unterschiedliche Handlungen dar, z. B. Verarbeitung, Verzweigung, Verbindung (Pfeil), Daten etc.[268] Durch die Anzahl der Handlungen bzw. die Komplexität der Darstellung des Flussdiagrammes zwischen beiden Produkten kann man feststellen, welches Produkt für den Benutzer leicht anzuwenden ist.

[267] Für eine größere Darstellung der Hierarchieanalyse und des Flussdiagrammes, siehe Anhang D1.1.1, S.175175. und Abbildung 33, S. 76.
[268] Vgl. Deutsches Institut für Normung (1983), S. 3f.

Das durch die Flussdiagrammanalyse ausgewählte Produkt wird zur Überprüfung des verbesserten Zustands in die FMEA übertragen und dort danach bewertet, ob ein vorheriges Risiko mit der Maßnahme verringert wird. Diese wiederholte Untersuchung des Risikos kann im Vergleich mit der Flussdiagrammanalyse als eine quantitative Bewertung dienen.

## D4 Modell zur nutzergerechten Produktentwicklung

Um eine Vorgehensweise für den Produktentwicklungsprozess zu entwickeln, werden arbeitswissenschaftliche Methoden verknüpft. Das aus arbeitswissenschaftlichen Methoden aufgebaute Vorgehensmodell ist in Abbildung 57 dargestellt.

Alle Methoden sind voneinander abhängig. Das aus der Analyse jeder Methode abgeleitete Ergebnis wird weiter in die nächste Methode übertragen, damit kann dann die nächste Methode durchgeführt werden. Durch diesen schrittweisen Prozess kann ein benutzerorientiertes Produkt erzielt werden.

In der Hierarchieanalyse wird zuerst eine Tätigkeit (z. B. Duschen) bestimmt, danach wird diese in Teiltätigkeiten unterteilt, und die möglichen Produkte können dementsprechend aufgelistet werden. Durch die Hierarchieanalyse kann der Zusammenhang zwischen Tätigkeiten, Fähigkeiten und Produkten definiert werden. Gleichzeitig wird der Gesundheitszustand des Benutzers durch die Krankheits-Fähigkeits-Matrix in Erfahrung gebracht werden. Die Ergebnisse aus der Hierarchieanalyse und der Krankheits-Fähigkeits-Matrix werden in die House-of-Quality-Methode übertragen, um die Priorität des am dringendsten zu verbessernden Produktes einzustufen.

Das durch die House-of-Quality-Methode festgelegte Produkt wird durch die Ereignisbaumanalyse und Fehlerbaumanalyse untersucht, um das mögliche Scheitern und dessen Ursachen bei der Tätigkeit zu ermitteln. Die Gründe für Unfallquellen des Produktes werden später in die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse-(FMEA) übertragen. Mit dieser Methode können die Merkmale des analysierten Produktes durch eine Risikoprioritätszahl eingestuft werden. Das Ergebnis der Untersuchung zeigt, welches Merkmal sofort verbessert werden muss. Das zu verbessernde Merkmal kann daher in den Mittelpunkt gestellt werden und Maßnahmenvorschläge können entwickelt werden. Alle Merkmale, die verbessert werden können, werden dann in den Morphologischen Kasten weitergeleitet. Mit dem Wissen der Expertengruppe und den entsprechenden Normen können zahlreiche ideale Produktentwürfe erzeugt werden. Der optimale Produktentwurf kann durch die Flussdiagramm-Methode, die eine logische Handhabung bei der Tätigkeit simuliert, festgelegt werden.

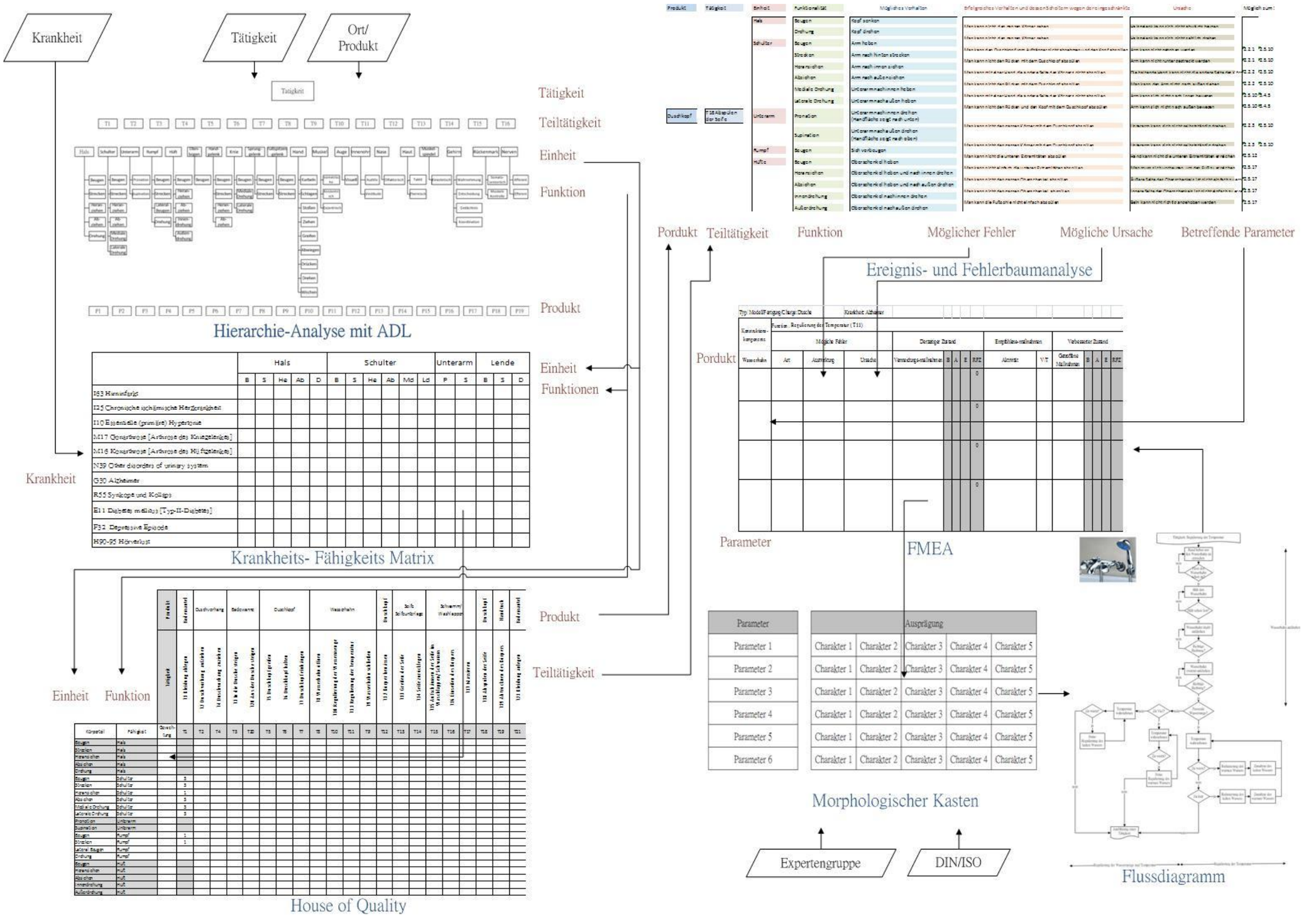



Abbildung 57: Modell

Die In Kapitel C3 erstellte Tabelle 24 zeigt den Zusammenhang zwischen den Methoden und drei der sieben Faktoren (zu sehen in den ersten beiden Spalten von Tabelle 51). Nach der Verknüpfung aller Methoden kann man erkennen, dass das Ergebnis einiger Methoden auch die drei übrigen Faktoren berücksichtigt. Die Methoden „Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse“ und „Flussdiagramm“ enthalten die Evaluierungsfunktion. Die Methode „Morphologischer Kasten“ schließt die Faktoren „Expertengruppe“ und „Prinzipen“ (z. B. DIN-Norm, Prinzipien zur Gestaltung etc.) mit ein (siehe letzte Spalte Tabelle 51 ).

| Methoden | Drei Faktoren | Weitere Faktoren |
|---|---|---|
| Hierarchieanalyse | Benutzer<br>Tätigkeit<br>Produkt | |
| House of Quality | Benutzer<br>Tätigkeit<br>Produkt | |
| Krankheits-Fähigkeits-Matrix | Benutzer | |
| Ereignisbaumanalyse und Fehlerbaumanalyse | Benutzer<br>Produkt<br>Tätigkeit | |
| Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse | Produkt | Evaluierung |
| Morphologischer Kasten | Produkt | Expertengruppe<br>Prinzipen |
| Flussdiagramm | Produkt | Evaluierung |

Tabelle 51: Übereinstimmung zwischen den Methoden und den Faktoren [269]

[269] Vgl. Kapitel C3, S. 64.

## Zusammenfassung von Teil D

Zu den sieben festgelegten Faktoren wurden in Teil C Methoden ausgewählt. Dabei werden allgemein menschliche Fähigkeiten in einer hierarchischen Struktur angeordnet. Mithilfe dieser angeordneten Informationen kann man ein komplettes Modell in Teil D synthetisieren.

Dieses Kapitel ist gemäß dem Prozess des Kundenanforderungsmanagements in drei Phasen gegliedert. In der ersten Phase kann man durch die Hierarchieanalyse mit Aktivitäten des täglichen Lebens (acitivites of daily living, ADL) und der Krankheits-Fähigkeits-Matrix den wirklichen Gesundheitszustand der Benutzer in Erfahrung bringen. In der ersten Phase erhaltene Informationen werden für besondere Anforderungen gehalten und in die zweite Phase übertragen.

In der zweiten Phase können durch die House-of-Quality-Methode zu verbessernde Produkte nach individuellen Gesundheitszuständen priorisiert werden. Ein bestimmtes Produkt wird dann durch die Ereignisbaumanalyse und Fehlerbaumanalyse mit der in dieser Arbeit erarbeiteten Liste der Merkmale weiter untersucht, um zu verbessernde Produktmerkmale festzulegen.

Die Produktmerkmale werden weiter in die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse-Methode in die dritte Phase übertragen. Diese Untersuchung umfasst nicht nur die Identifizierung zu verbessernder Merkmale, sondern auch die Entwicklung möglicher Maßnahmenvorschläge. Alle entwickelten Merkmale werden dann in den Morphologischen Kasten weitergeleitet. Mit dem Wissen der Expertengruppe und den entsprechenden Normen können einige ideale und innovative Produktentwürfe erzielt werden. Die Evaluierung des neuen Produktentwurfes wird mittels der Flussdiagramm-Methode und der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse-Methode qualitativ und quantitativ durchgeführt.

# E Evaluierung des Modells

Inhalt und Aufbau von Teil E:

E1 Vorgehen bei der Evaluierung (S. 126)

E2 Evaluierungsergebnisse (S. 127)

- E2.1 Evaluierung der Faktoren und Unterziele (S. 127)
- E2.2 Evaluierung am Beispiel von der Krankheitsfällen (S. 130)
- E2.3 Evaluierung des Gesamtergebnisses (S.146)

Zusammenfassung von Teil E (S. 151)

In diesem Kapitel in Teil E wird die Evaluierung des in Teil D entwickelten Modells zur nutzergerechten Produktentwicklung beschrieben. Mit der Evaluierung wird überprüft, ob und inwieweit die Ziele der Arbeit erreicht wurden.

Zuerst wird beschrieben, wie die Evaluierung in dieser Arbeit durchgeführt wurde, anschließend werden die Ergebnisse der durchgeführten Fälle dargestellt, um Übereinstimmung zwischen den Zielen und Ergebnissen zu überprüfen. Dabei werden Stärken und Schwächen des Modells aus den Ergebnissen abgeleitet.

## E1 Vorgehen bei der Evaluierung

Bei der Evaluierung des entwickelten Modells werden die in Teil A gesetzten Unterziele[270] und die in Teil B festgestellten Faktoren[271] zur nutzergerechten Produktentwicklung als Bewertungskriterien herangezogen, um die Integrität des Modells und das Erreichen der vier Unterziele zu überprüfen.

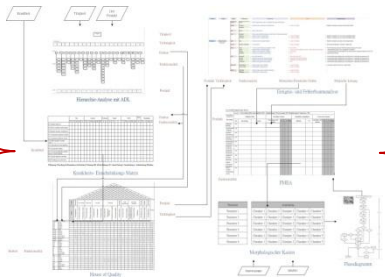
| Faktoren | Modell | Unterziele |
|---|---|---|
| Benutzer |  | Ziel 1: Bedürfnisse der Benutzer in Erfahrung bringen |
| Tätigkeit | | |
| Produkt | | Ziel 2: Definition der Tätigkeit und Merkmalsart des Produktes |
| Prinzipien | | |
| Methoden | | Ziel 3: Finden einer Lösung |
| Expertengruppe | | |
| Evaluierung | | Ziel 4: Evaluierung des Ergebnisses |

Tabelle 52: Faktoren und Unterziele als Kriterien zur Evaluierung dieses Modells[272]

Anschließend erfolgt die Evaluierung mit der Einführung von drei Krankheiten in das Modell. In Teil C werden Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems, Diabetes und Alzheimer als die bei Älteren am häufigsten vorkommenden Krankheiten angenommen; die bei diesen Krankheiten auftretenden Symptome werden aufgelistet.

Die Durchführbarkeit des Modells kann am Beispiel der Krankheitsfälle und deren Symptome überprüft werden. Das Ergebnis wird zeigen, ob verbesserte Produkte und passende Merkmale des Produktes den restlichen Fähigkeiten und einer gegebenen Tätigkeit entsprechend erzielt werden können.

Zuerst wird eine Tätigkeit angenommen, um zugehörige Teiltätigkeiten in der Hierarchie-Analyse zu definieren. Dabei können Produkte gemäß dieser Tätigkeit aufgelistet werden. Wenn die Bedingungen für die Evaluierung, z. B. Tätigkeit und Produkt, festgelegt sind, können alle durch die drei Krankheiten verursachten Symptome weiter in das Modell eingegeben werden. Der Verlauf der Evaluierung ist in Abbildung 58 dargestellt.

[270] Vgl. Kapitel A3, S. 14ff.
[271] Vgl. Kapitel B1.4, S. 32.
[272] Eigene Tabelle.

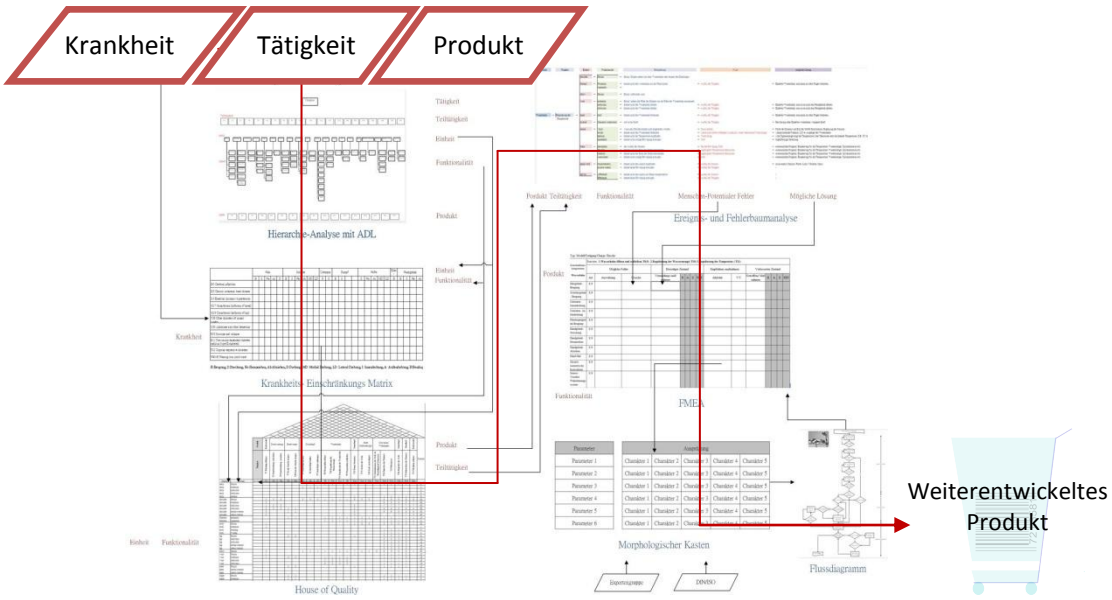



Abbildung 58: Verlauf einer Ausführung mit einer bestimmten Krankheit[273]

## E2 Evaluierungsergebnisse

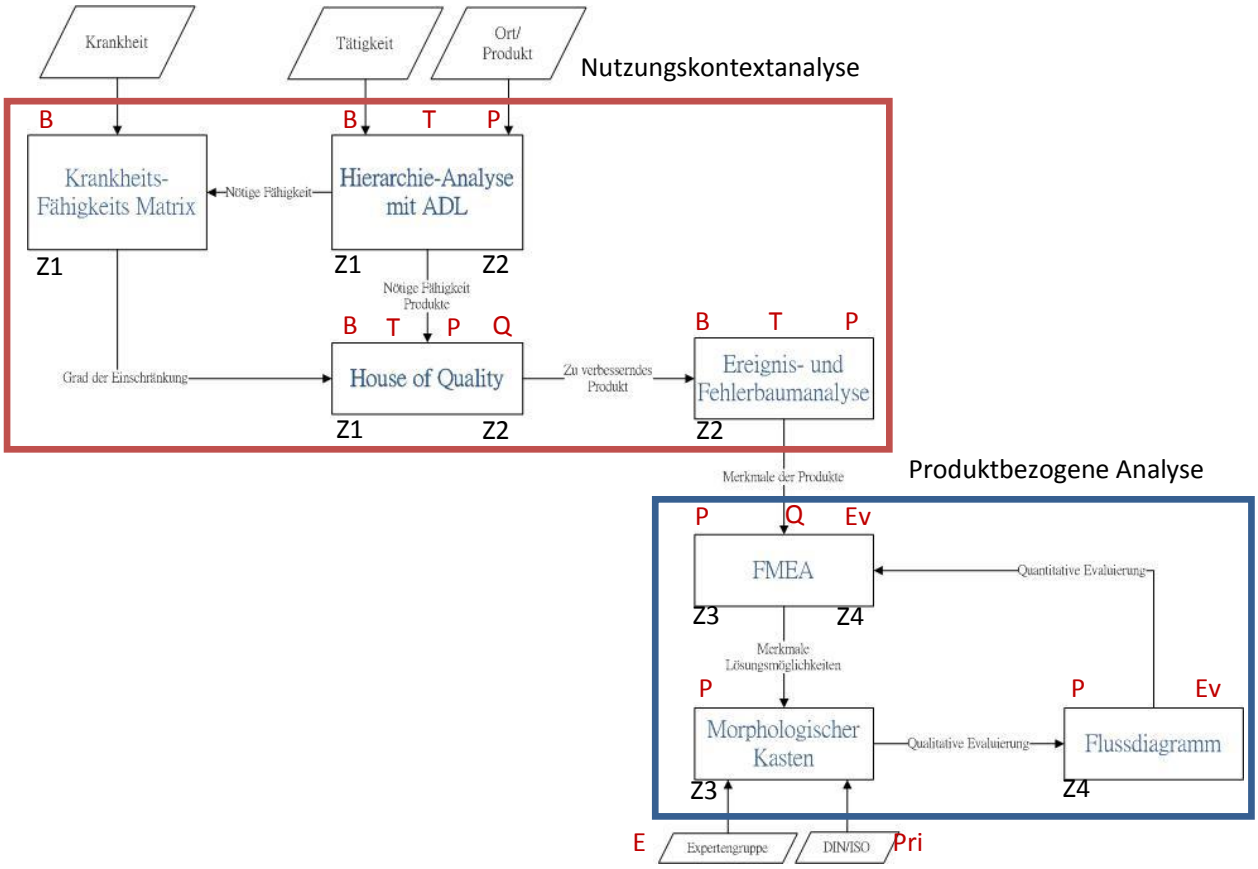
### E2.1 Evaluierung der Faktoren und Unterziele

Das Modell kann sich in zwei Teile unterteilen. Der erste Teil fängt mit dem Einsatz der Informationen in Bezug auf den Nutzungskontext an, der den Gesundheitszustand der Benutzer, die Umgebung, die Tätigkeit und entsprechende Produkte beinhalten.[274] Diese Informationen sind im oberen Teil von Abbildung 59 mit einem roten Rechteck dargestellt. Im unteren Teil von Abbildung 59 steht die Analyse für Produkte, einschließlich der Merkmale, der Risikoanalyse bei der Anwendung sowie Lösungsmöglichkeit.

Neben jeder Methode werden einige Buchstaben markiert. Diese Buchstaben stellen Faktoren dar, die bei der benutzerorientierten Produktentwicklung berücksichtigt werden sollen. Die festgelegten Unterziele stehen ebenfalls neben jeder Methode, um das Erreichen aller Ziele darzustellen.

[273] Eigene Abbildung.
[274] Vgl. Internationale Organisation für Normung (2010), S. 5. und Kapitel B2, S. 29.

E Evaluierung des Modells




| Legende: | | | |
|---|---|---|---|
| =Eingabe | B=Benutzer | Z1=Ziel 1 |
| | T=Tätigkeit | Z2=Ziel 2 |
| =Methode | P=Produkt | Z3=Ziel 3 |
| | Pri= Prinzipien | Z4=Ziel 4 |
| = Datenfluss | E=Expertengruppe | |
| | Ev=Evaluierung | |
| | Q= Quantitative Analyse | |

Abbildung 59: Evaluierung des vereinfachten Modells durch Faktoren und Unterziele

In beiden Teilen der Analyse (Nutzungskontextanalyse und Produktbezogene Analyse) wendet man nicht nur Methoden zur qualitativen, sondern auch zur quantitativen Analyse an. Die Beziehungsmatrix in der House-of-Quality-Methode bei der Nutzungskontextanalyse und die RPZ (Risikoprioritätszahl) in der FMEA bei der produktbezogenen Analyse gelten als quantitative Analyse, die durch eine qualitative Analyse ergänzt werden kann.

Die Struktur der Hierarchie-Analyse teilt sich in drei Ebenen: Tätigkeit, Fähigkeit und Produkt. Durch die Struktur dieser Analyse kann man Teiltätigkeiten und zugehörige erforderliche Fähigkeiten objektiv verstehen. Im Gegensatz zur Hierarchie-Analyse ist die Krankheits-Fähigkeits-Matrix eine Methode, die wirklichen Gesundheitszustände der Benutzer darzustellen. Mit der Auswahl der potenziellen Benutzer kann man das zu betrachtende Produkt durch die Beziehungsmatrix (House-of-Quality-Methode) den vorhandenen Fähigkeiten bei der Tätigkeit gegenüberstellen. Anschließend werden Merkmale der Produkte unter Beachtung der Fähigkeiten/Einschränkungen in der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse definiert, damit die Risikoanalyse der Merkmale in der Produktbezogenen Analyse durchgeführt werden kann. Die Tabelle 53 zeigt, dass wie die gewählten Methoden mit den Faktoren und Zielen zusammenhängen. Die Vereinbarkeit zwischen den Methoden und Zielen ist in Tabelle 53 dargestellt.

| Faktoren | Methode | Ziel |
|---|---|---|
| Benutzer: Fähigkeiten<br>Tätigkeit: Teiltätigkeiten<br>Produkt: Produkte vor Ort | Hierarchie-Analyse mit ADL | Ziel1 Bedürfnisse<br>Ziel2 Tätigkeit |
| Benutzer: Einschränkungen | Krankheits-Fähigkeits-Matrix | Ziel1 Bedürfnisse |
| Benutzer: Erforderliche Fähigkeiten<br>Tätigkeit: Teiltätigkeiten<br>Produkt: Zu verbessernde Produkte | House of Quality | Ziel1 Bedürfnisse<br>Ziel2 Tätigkeit |
| Benutzer: Fähigkeiten<br>Tätigkeit: Teiltätigkeit<br>Produkt: Zu analysierende Produkte | Ereignis- und Fehlerbaumanalyse | Ziel1 Bedürfnisse<br>Ziel2 Tätigkeit<br>Ziel2 Merkmale |

Tabelle 53: Überprüfung der Vereinbarkeit der Methoden, Faktoren und Ziele in der Nutzungskontextanalyse[275]

Der zweite Teil des Modells „Produktbezogene Analyse“ bezieht sich auf die Analyse bezüglich des Produktes. Darin enthalten sind die Analyse der Merkmale, die Risikoanalyse, das Finden der Lösung und die Evaluierung. Die Besonderheit der FMEA ist, dass man sowohl durch die Risikoanalyse mögliche Lösungen finden, als auch das Produkt nach der Weiterentwicklung wieder bewerten kann. Diese Bewertung in der FMEA dient bei der Evaluierung mit den abgeschätzten Zahlen als eine quantitative Analyse, dagegen gilt die Flussdiagramm-Methode mit dem Ergebnis der logischen Analyse als eine qualitative Analyse. Die Erklärung des Zusammenhangs von Methode, Faktoren und Ziel ist in Tabelle 54 ersichtlich.

[275] Eigene Tabelle.

| Faktoren | Methode | Ziel |
|---|---|---|
| Produkt: Zu analysierende Merkmale | Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse | Ziel3 Lösung<br>Ziel4 Evaluierung |
| Produkt: Kombination aller möglichen Merkmale | Morphologischer Kasten | Ziel3 Lösung |
| Produkt: Benutzerorientierte Produkte | Flussdiagramm | Ziel4 Evaluierung |

Tabelle 54: Überprüfung der Vereinbarkeit der Methoden, Faktoren und Ziele in der Produktbezogenen Analyse[276]

## E2.2 Evaluierung am Beispiel von Krankheitsfällen

Durch die Einführung einer Krankheit und deren Symptome kann die Durchführbarkeit des Modells überprüft werden. In Teil C wurden drei häufig vorkommende Krankheiten zur Evaluierung bereits festgelegt. Diese sind: Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems, Diabetes und Alzheimer. Sie verursachen Einschränkungen in verschiedenen Körperteilen, darunter fallen auch physische und psychische Einschränkungen. Diese Einschränkungen führen dazu, dass Fähigkeiten nicht mehr wie früher genutzt werden können. Die durch die Krankheiten reduzierten Fähigkeiten werden in der folgenden Phase als „restliche Fähigkeiten“ bezeichnet. Die Gesamtheit der körperlichen und psychischen Fähigkeiten des Menschen kann durch den Aufbau der Hierarchieanalyse dargestellt und überprüft werden.

### *E2.2.1 Hierarchieanalyse der Tätigkeit „Duschen“*

Das Badezimmer ist der Ort, an dem älteren Menschen am häufigsten Unfälle passieren.[277] Aus diesem Grund wurde die Tätigkeit „Duschen im Badezimmer“ sowie entsprechende Produkte als Forschungsgegenstand der Evaluierung gewählt. Der Zusammenhang zwischen den Fähigkeiten und den Produkten ist in der Hierarchieanalyse dargestellt (Abbildung 60). Durch diesen Aufbau der Hierarchieanalyse kann eine Teiltätigkeit mit den dafür benötigten Fähigkeiten verbunden werden. Danach wird untersucht, inwiefern die Ausführung einer Tätigkeit aufgrund fehlender Fähigkeiten eingeschränkt wird. Die Erklärung der für die Ausführung einer Teiltätigkeit benötigten Fähigkeiten befindet sich im Anhang.[278]

[276] Eigene Tabelle.
[277] Vgl. Kapitel A2.2, S. 13.
[278] Benötigte Fähigkeiten zur Ausführung einer Tätigkeit in Anhang E2.2.1, S.182.

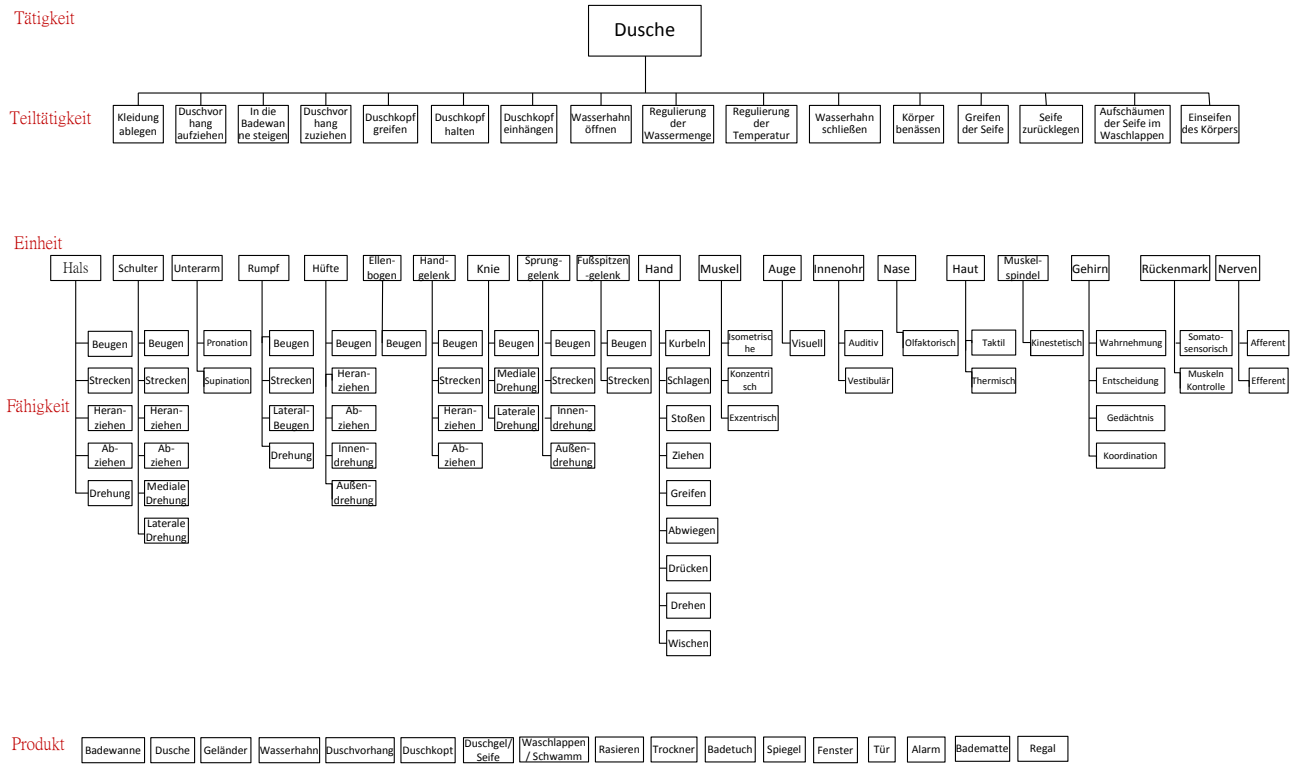
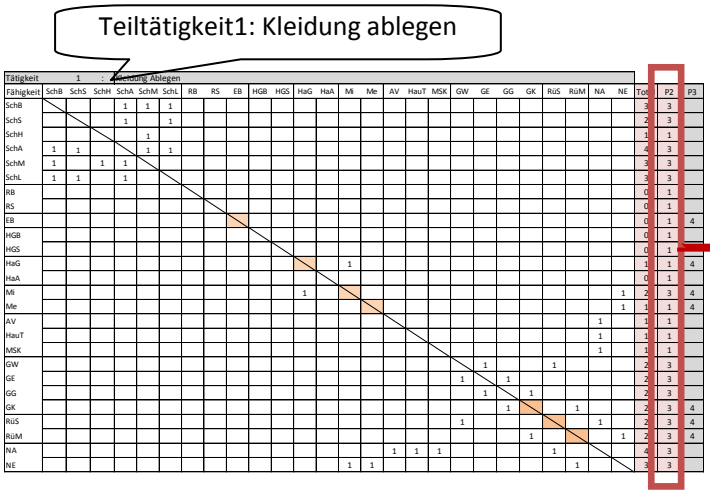



Abbildung 60: Aufbau der Hierarchieanalyse der Tätigkeit „Duschen“

### *E2.2.2 House of Quality mit Tätigkeit und dazugehörigen Produkten*

Mit den festgelegten Fähigkeiten können alle Fähigkeiten unter einer Teiltätigkeit in der Beziehungsmatrix der House-of-Quality-Methode gemäß der in Kapitel D bereits entwickelten Vorgehensweise objektiv bewertet werden;[279] wie im oberen Teil von Abbildung 61 gezeigt, wird die Bewertung dann in das House of Quality übertragen. Wenn alle Teiltätigkeiten durch diese Vorgehensweise eine Bewertung erhalten haben, entsteht ein House of Quality (siehe Abbildung 62).

[279] Vgl. Kapitel D2.1, S. 86.




| Produkt | | Bademantel | Duschvorhang | | Badewanne | | Duschkopf | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tätigkeit | | T1 Kleidung ablegen | T2 Duschvorhang aufziehen | T4 Duschvorhang zuziehen | T3 In die Dusche steigen | T20 Aus der Dusche steigen | T5 Duschkopf greifen | T6 Duschkopf halten | T7 Duschkopf einhängen |
| Abkürzung | Körperteil | Fähigkeit | Gewich-tung | T1 | T2 | T4 | T3 | T20 | T5 | T6 | T7 |
| HB | Beugen | Hals | | | | | | | | | |
| HS | Strecken | Hals | | | | | | | | | |
| HH | Heranziehen | Hals | | | | | | | | | |
| HA | Abziehen | Hals | | | | | | | | | |
| HD | Drehung | Hals | | | | | | | | | |
| SchB | Beugen | Schulter | | 3 | | | | | | | |
| SchS | Strecken | Schulter | | 3 | | | | | | | |
| SchH | Heranziehen | Schulter | | 1 | | | | | | | |
| SchA | Abziehen | Schulter | | 3 | | | | | | | |
| SchM | Mediale Drehung | Schulter | | 3 | | | | | | | |
| SchL | Laterale Drehung | Schulter | | 3 | | | | | | | |
| UP | Pronotion | Unterarm | | | | | | | | | |
| US | Supination | Unterarm | | | | | | | | | |
| RB | Beugen | Rumpf | | 1 | | | | | | | |
| RS | Strecken | Rumpf | | 1 | | | | | | | |
| RL | Lateral Beugen | Rumpf | | | | | | | | | |
| RD | Drehung | Rumpf | | | | | | | | | |
| HüB | Beugen | Hüft | | | | | | | | | |
| HüH | Heranziehen | Hüft | | | | | | | | | |
| HüAb | Abziehen | Hüft | | | | | | | | | |
| HüI | Innendrehung | Hüft | | | | | | | | | |
| HüAu | Außerdrehung | Hüft | | | | | | | | | |
| EB | Beugen | Ellenbogen | | 5 | | | | | | | |
| HGB | Beugen | Handgelenk | | 1 | | | | | | | |
| HGS | Strecken | Handgelenk | | 1 | | | | | | | |
| HGH | Heranziehen | Handgelenk | | | | | | | | | |
| HGA | Abziehen | Handgelenk | | | | | | | | | |
| KB | Beugen | Knie | | | | | | | | | |
| KM | Mediale Drehung | Knie | | | | | | | | | |
| KL | Laterale Drehung | Knie | | | | | | | | | |
| SGB | Beugen | Sprung-gelenk | | | | | | | | | |
| SGS | Strecken | Sprung-gelenk | | | | | | | | | |
| SGI | Innendrehung | Sprung-gelenk | | | | | | | | | |
| SGA | Außendrehung | Sprung-gelenk | | | | | | | | | |
| FB | Beugen | Fußspitzen-gelenk | | | | | | | | | |
| FS | Strecken | Fußspitzen-gelenk | | | | | | | | | |
| HaK | Kurbeln | Hand | | | | | | | | | |
| HaSch | Schlagen | Hand | | | | | | | | | |
| HaSto | Stoßen | Hand | | | | | | | | | |
| HaZ | Ziehen | Hand | | | | | | | | | |
| HaG | Greifen | Hand | | 5 | | | | | | | |
| HaA | Abwiegen | Hand | | 1 | | | | | | | |
| HaDrü | Drücken | Hand | | 7 | | | | | | | |
| HaDre | Drehen | Hand | | 5 | | | | | | | |
| HaW | Wischen | Hand | | 1 | | | | | | | |
| MI | Isometrische Kontraktion | Muskel | | 7 | | | | | | | |
| MK | Konzentrische Kontraktion | Muskel | | | | | | | | | |
| ME | Exzentrische Kontraktion | Muskel | | 5 | | | | | | | |

Abbildung 61: Darstellung der Entwicklung des House of Quality[280]

[280] Eigene Abbildung.

| | | | Produkt | Bademantel | Duschvorhang | | Badewanne | | Duschkopf | | | Wasserhahn | | | | Duschkopf | Seife Seifeunterlage | | Schwamm/ Washlappen | | | Duschkopf | Handtuch | Bademantel | Summe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Tätigkeit | T1 Kleidung ablegen | T2 Duschvorhang aufziehen | T4 Duschvorhang zuziehen | T3 In die Dusche steigen | T20 Aus der Dusche steigen | T5 Duschkopf greifen | T6 Duschkopf halten | T7 Duschkopf einhängen | T8 Wasserhahn öffnen | T10 Regulierung der Wassermenge | T11 Regulierung der Temperatur | T9 Wasserhahn schließen | T12 Körper benässen | T13 Greifen der Seife | T14 Seife zurücklegen | T15 Aufschäumen der Seife im Waschlappen/ Schwamm | T16 Einseifen des Körpers | T17 Massieren | T18 Abspülen der Seife | T19 Abtrocknen des Körpers | T21 Kleidung anlegen | |
| Abkürzung | Körperteil | Fähigkeit | Gewich-tung | T1 | T2 | T4 | T3 | T20 | T5 | T6 | T7 | T8 | T10 | T11 | T9 | T12 | T13 | T14 | T15 | T16 | T17 | T18 | T19 | T21 | |
| HB | Beugen | Hals | | | | | | | | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 8 |
| HS | Strecken | Hals | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| HH | Heranziehen | Hals | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| HA | Abziehen | Hals | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| HD | Drehung | Hals | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| SchB | Beugen | Schulter | | 3 | 3 | 3 | | | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 5 | 5 | | 9 | 9 | 9 | 9 | 7 | 90 |
| SchS | Strecken | Schulter | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 38 |
| SchH | Heranziehen | Schulter | | 1 | 3 | 3 | | | | | | | | | | 3 | | | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 45 |
| SchA | Abziehen | Schulter | | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | | | | | | | | 3 | | | | 7 | 7 | 9 | 9 | 7 | 53 |
| SchM | Mediale Drehung | Schulter | | 3 | | | 1 | 1 | | | | | | | | 3 | | | | 9 | 9 | 9 | 9 | 7 | 51 |
| SchL | Laterale Drehung | Schulter | | 3 | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | 7 | 7 | 5 | 25 |
| UP | Pronotion | Unterarm | | | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| US | Supination | Unterarm | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| RB | Beugen | Rumpf | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | 5 | 5 | | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 33 |
| RS | Strecken | Rumpf | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| RL | Lateral Beugen | Rumpf | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 4 |
| RD | Drehung | Rumpf | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 4 |
| HüB | Beugen | Hüft | | | | | 5 | 5 | | | | | | | | 1 | | | | 5 | 5 | 5 | 5 | | 31 |
| HüH | Heranziehen | Hüft | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | | 12 |
| HüAb | Abziehen | Hüft | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | | 12 |
| HüI | Innendrehung | Hüft | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | | 12 |
| HüAu | Außerdrehung | Hüft | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | | 12 |
| EB | Beugen | Ellenbogen | | 5 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 1 | 1 | 5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 1 | 65 |
| HGB | Beugen | Handgelenk | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 5 | | 10 |
| HGS | Strecken | Handgelenk | | 1 | | | 3 | 3 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | 5 | | 19 |
| HGH | Heranziehen | Handgelenk | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 16 |
| HGA | Abziehen | Handgelenk | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 16 |
| KB | Beugen | Knie | | | | | 5 | 5 | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 15 |
| KM | Mediale Drehung | Knie | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| KL | Laterale Drehung | Knie | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| SGB | Beugen | Sprung-gelenk | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 6 |
| SGS | Strecken | Sprung-gelenk | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 6 |
| SGI | Innendrehung | Sprung-gelenk | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| SGA | Außendrehung | Sprung-gelenk | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| FB | Beugen | Fußspitzen-gelenk | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| FS | Strecken | Fußspitzen-gelenk | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| HaK | Kurbeln | Hand | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| HaSch | Schlagen | Hand | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| HaSto | Stoßen | Hand | | | | | 3 | 3 | | | | | | | | | 5 | | | | | | 5 | | 16 |
| HaZ | Ziehen | Hand | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| HaG | Greifen | Hand | | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | | 7 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 5 | 5 | 5 | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 101 |
| HaA | Abwiegen | Hand | | 1 | 3 | 3 | | | | 3 | 1 | | | | | 1 | | | | | | 1 | | | 13 |
| HaDrü | Drücken | Hand | | 7 | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 1 | 1 | | 5 | | 19 |
| HaDre | Drehen | Hand | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | | 10 |
| HaW | Wischen | Hand | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | | 5 | | 16 |
| MI | Isometrische Kontraktion | Muskel | | 7 | 9 | 9 | 3 | 3 | | 7 | 3 | 7 | 9 | 9 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 3 | 3 | 7 | 7 | | 121 |
| MK | Konzentrische Kontraktion | Muskel | | | | | | | | 7 | | | | | | 7 | 1 | 1 | | 3 | 3 | 7 | 3 | 1 | 33 |
| ME | Exzentrische Kontraktion | Muskel | | 5 | | | | | | | 7 | | | | | 7 | | | | 3 | 3 | 7 | 3 | | 35 |
| AV | Visual | Auge | | 1 | | | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 5 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 7 | 7 | 5 | 5 | 1 | 48 |
| IA | Auditive | Innenohr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| IV | Vestibular | Innenohr | | | | | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 5 | 5 | | 30 |
| NaO | Olfactory | Nase | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| HauT | Tactile | Haut | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | | 33 |
| HauTh | Thermal | Haut | | | | | | | | | | | | 5 | | 5 | | | | | | 5 | | | 15 |
| MSK | Kinesthetic | Muskel-spindel | | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | | | | 1 | 7 | 7 | 1 | 1 | 1 | 5 | | 5 | 5 | 5 | 5 | | 52 |
| GW | Wahrnehmung | Gehirn | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 63 |
| GE | Entscheidung | Gehirn | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 7 | 7 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 71 |
| GG | Gedächtnis | Gehirn | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 63 |
| GK | Koordination | Gehirn | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 147 |
| RüS | Somatosensorische Übertragung | Rückenmark | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 147 |
| RüM | Muskelkontrolle | Rückenmark | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 147 |
| NA | Afferent | Nerven | | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 77 |
| NE | Efferent | Nerven | | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 77 |
| | Summe | | | 95 | 66 | 66 | 73 | 73 | 44 | 68 | 60 | 65 | 81 | 80 | 65 | 111 | 70 | 68 | 64 | 163 | 163 | 178 | 196 | 88 | 61 |

Abbildung 62: Vollständiger Aufbau vom House of Quality

Das Bewertungsergebnis der Beziehungsmatrix ist aus Abbildung 62 zu ersehen. Jede Teiltätigkeit erzielt durch eine Summierung einen Wert (rot eingekreist), der nicht nur die für die Ausführung einer Teiltätigkeit benötigten Fähigkeiten zeigt, sondern auch die Wichtigkeit jeder einzelnen Fähigkeit bei einer Teiltätigkeit darstellt. Die Summe stellt gleichzeitig auch den Zusammenhang zwischen den Fähigkeiten dar.

Die Verwendungsweise und die erforderlichen Fähigkeiten bei der Anwendung eines Produktes hängen vom Stil der Produktentwicklung ab, wie z. B. ein ergonomisches Produkt, das durch ein besonderes Design kraftsparend zu benutzen ist. Um die Evaluierung durchzuführen, müssen Produkte im Badezimmer zuerst gegeben werden. Die Grundausstattung der Produkte in dieser Evaluierung ist in Anhang E2.2.2 beschrieben.[281]

Der Wert in Tabelle 55 wird ohne Berücksichtigung des Gesundheitszustands eines Benutzers ausgewertet. Ohne Überlegung des Gesundheitszustands eines Benutzers erhält die Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“, deren zugehöriges Produkt das Handtuch ist, den höchsten Wert. Dahinter steht die Tätigkeit „Einseifen/Massieren des Körpers“ mit dem Produkt „Schwamm/Waschlappen“. Diese zwei Tätigkeiten haben gemeinsame Besonderheiten: Bei ihrer Ausführung muss man mit einem unstabilen Material des Produktes den Körper überall berühren. Bei der Teiltätigkeit „Abspülen der Seife“ mit dem Produkt „Duschkopf“ muss eine Hand zwar den Körper nicht überall berühren, jedoch muss die Hand mit dem Produkt um den gesamten Körper geführt werden.

| Produkte | Bademantel | Duschvorhang | | Badewanne | | Duschkopf | | | Wasserhahn | | | | Duschkopf | Seife Seifenunterlage | | Schwamm/ Waschlappen | | | Duschkopf | Handtuch | Bademantel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Teiltätigkeiten | T1 Kleidung ablegen | T2 Duschvorhang aufziehen | T4 Duschvorhang zuziehen | T3 In die Dusche steigen | T20 Aus der Dusche steigen | T5 Duschkopf greifen | T6 Duschkopf halten | T7 Duschkopf einhängen | T8 Wasserhahn öffnen | T10 Regulierung der Wasserrmenge | T11 Regulierung der Temperatur | T9 Wasserhahn schließen | T12 Körper benässen | T13 Greifen der Seife | T14 Seife zurücklegen | T15 Aufschäumen der Seife im Waschlappen/ Schwamm | T16 Einseifen des Körpers | T17 Massieren | T18 Abspülen der Seife | T19 Abtrocknen des Körpers | T21 Kleidung anlegen |
| Komplette Fähigkeit | 95 | 66 | 66 | 73 | 73 | 44 | 68 | 60 | 65 | 81 | 80 | 65 | 111 | 70 | 68 | 64 | 163 | 163 | 178 | 196 | 88 |

Tabelle 55: Bewertung aller Teiltätigkeiten und deren zugehöriger Produkte durch die Fähigkeitsanalyse

Unter Berücksichtigung der Symptome und Komplikationen wandelt sich das Ergebnis dann durch die vom Benutzer gegebene Gewichtung in eine benutzerorientierte Gestaltung. Diese wird im folgenden Abschnitt dargestellt.

[281] Zur Beschreibung der für die vorliegende Arbeit berücksichtigten Grundausstattung in Anhang E2.2.2, S.183.

### *E2.2.3 Weitere Evaluierung unter Berücksichtigung der Gesundheitszustände*

Mithilfe der aufgebauten House-of-Quality-Methode können individuelle Gesundheitszustände in die Methode eingegeben werden, um ein zu verbesserndes Produkt und dessen Merkmale zu finden. Mangels einer praktischen Anwendung mit einer Expertengruppe kann die Evaluierung des Modells nur bis zum Morphologischen Kasten ausgeführt werden. Der weitere Evaluierungsprozess (Methoden nach dem Morphologischen Kasten) kann in der Praxis nur in Zusammenarbeit mit einer Expertengruppe durchgeführt werden.

**Die Alzheimerkrankheit**

Um alle möglichen Einschränkungen zu berücksichtigen, wird vom Gesundheitszustand eines Benutzers in der Spätphase der Alzheimerkrankheit ausgegangen. Die von der Krankheit beeinflussten Fähigkeiten werden wie in Teil C [282] bereits festgelegt in Tabelle 56 gezeigt. Eingeschlossen sind ebenfalls Fähigkeiten des vestibulären und des kinästhetischen Wahrnehmungssystems sowie Koordinations-, Wahrnehmungs-, Entscheidungs- und Gedächtnisfähigkeiten. Der Schweregrad wird mit Grad 5 angenommen, um Einschränkungen der Fähigkeiten zu betonen.

| Beeinflusste Fähigkeiten | Schweregrad |
|---|---|
| Entscheidung | 5 |
| Gedächtnis | 5 |
| Vestibuläres Wahrnehmungssystem | 5 |
| Kinästhetisches Wahrnehmungssystem | 5 |
| Koordination | 5 |
| Wahrnehmung | 5 |

Tabelle 56: Durch die Alzheimerkrankheit verursachte Einschränkungen und gegebener Schweregrad

Unter Berücksichtigung der Einschränkungen erzielte Bewertungen sind in Tabelle 57 gezeigt. Durch den vom Benutzer geäußerten Schweregrad können bestimmte Fähigkeiten hervorgehoben werden. Unter der Zeile der originalen Bewertung steht die Bewertung, die die restlichen Fähigkeiten berücksichtigt und die Beeinträchtigungen der Fähigkeiten durch die restlichen Fähigkeiten bei einer Teiltätigkeit darstellt. Diese Teiltätigkeiten, wie Einseifen des Körpers, Massieren, Abspülen der Seife und Abtrocknen des Körpers, fallen dem Benutzer mit den restlichen Fähigkeiten noch schwer.

Die Veränderung zwischen beiden Bewertungen ist in der letzten Zeile von Tabelle 57 erkennbar. Die durch die Alzheimerkrankheit eingeschränkten Fähigkeiten wie Entscheidungs- und Gedächtnisschwäche etc. beeinflussen Teiltätigkeiten wie die Regulierung der Wassermenge und die Regulierung der Temperatur. Deren zugehöriges Produkt, der Wasserhahn, ist in diesem Fall ebenso beachtenswert.

[282] Vgl. Kapitel C2.3, S. 62.

Die Produkte können zur weiteren Untersuchung aus dem oben erwähnten Ergebnis zusammengefasst aufgelistet werden. Es sind Wasserhahn, Schwamm/Waschlappen, Duschkopf und Handtuch. In der weiteren Evaluierung wird das Produkt „Wasserhahn“ ausgewählt und die Teiltätigkeit „Regulierung der Wassermenge“ mit weiteren Methoden untersucht.

| Produkte | Bademantel | Duschvorhang | | Badewanne | | Duschkopf | | | Wasserhahn | | | | Duschkopf | Seife Seifenunterlage | | Schwamm/ Waschlappen | | | Duschkopf | Handtuch | Bademantel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Teiltätigkeiten | T1 Kleidung ablegen | T2 Duschvorhang aufziehen | T4 Duschvorhang zuziehen | T3 In die Dusche steigen | T20 Aus der Dusche steigen | T5 Duschkopf greifen | T6 Duschkopf halten | T7 Duschkopf einhängen | T8 Wasserhahn öffnen | T10 Regulierung der Wassermenge | T11 Regulierung der Temperatur | T9 Wasserhahn schließen | T12 Körper benässen | T13 Greifen der Seife | T14 Seife zurücklegen | T15 Aufschäumen der Seife im Waschlappen/ Schwamm | T16 Einseifen des Körpers | T17 Massieren | T18 Abspülen der Seife | T19 Abtrocknen des Körpers | T21 Kleidung anlegen |
| Komplette Fähigkeit | 95 | 66 | 66 | 73 | 73 | 44 | 68 | 60 | 65 | 81 | 80 | 65 | 111 | 70 | 68 | 64 | 163 | 163 | 178 | 196 | 88 |
| Restliche Fähigkeit | 163 | 142 | 142 | 161 | 161 | 108 | 132 | 124 | 133 | 189 | 188 | 133 | 179 | 138 | 152 | 128 | 267 | 267 | 282 | 300 | 152 |
| Unterschied | 68 | 76 | 76 | 88 | 88 | 64 | 64 | 64 | 68 | 108 | 108 | 68 | 68 | 68 | 84 | 64 | 104 | 104 | 104 | 104 | 64 |

Tabelle 57: Vergleich der Fähigkeiten von gesunden Menschen und Menschen mit Alzheimerkrankheit[283]

Eine weitere Evaluierung des Produktes kann durch die Ereignis- und Fehlerbaumanalyse mit dem ausgewählten Produkt und einer Teiltätigkeit durchgeführt werden. Diese Evaluierung beginnt mit den Fähigkeiten, die für eine Tätigkeit gebraucht werden. Dann werden mögliche Verhaltensweisen, einschließlich des Scheiterns und dessen Ursache, aufgelistet. Gemäß den Ursachen stellt man zugeordnete Merkmale fest, die verbessert werden können. Die Auflistung ist in Abbildung 63 zu sehen.

[283] Eigene Tabelle.

| Produkt | Tätigkeit | Einheit | Funktion | Mögliches Verhalten | Erfolgreiches Verhalten und dessen Scheitern wegen der eingeschränkten Fähigkeit | Ursache | Möglich zum Scheitern führende Merkma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wasserhahn | T10: Regulierung der Wassermenge | Hals | Beugen | Kopf senken | Erfolgreiches Verhalten : Kopf senken | | |
| | | | | | Scheitern: Man kann den Wasserhahn nicht sehen. | Wegen einer zu niedrigen Montage kann man die Zeichen auf der Armatur nicht sehen | 1,6,1 |
| | | Schulter | Beugen | Arm heben | Erfolgreiches Verhalten : Arm heben | | |
| | | | | | Scheitern: Man kann den Wasserhahn nicht erreichen. | Wasserhahngriff ist nicht leicht zu erreichen. Einzelteile der Armatur liegen zu nah beisammen. Wasserhahn wurde zu niedrig montiert | 1,6,2 2,5,9 |
| | | Unterarm | Pronation | Unterarm drehen | Erfolgreiches Verhalten : Unterarm drehen und Hand hält den Wasserhahn | | |
| | | | | | Scheitern: Unterarm kann nicht gedreht werden | Man muss mit der ganzen Hand die Bedienung ausführen | 2,2,3 3,1,1 3,3,1 3,3,2 3,4,4 |
| | | | Supination | Unterarm drehen | Erfolgreiches Verhalten : Unterarm drehen und Hand hält den Wasserhahn | | |
| | | | | | Scheitern: Unterarm kann nicht gedreht werden | Man muss mit der ganzen Hand die Bedienung ausführen | 2,2,3 3,1,1 3,3,1 3,3,2 3,4,4 |
| | | Ellenbogen | Beugen | Ellenbogen beugen | Erfolgreiches Verhalten : Ellenbogen beugen | | |
| | | | | | Scheitern: Man kann den Wasserhahn nicht erreichen | Wasserhahngriff ist nicht leicht zu erreichen. Einzelteile der Armatur liegen zu nah beisammen. Wasserhahn wurde zu niedrig montiert | 1,6,2 3,1,1 3,3,1 3,3,2 3,4,4 |
| | | Handgelenk | Strecken | Handgelenk strecken | Erfolgreiches Verhalten : Handgelenk streckt und den Wasserhahn greifen | | |
| | | | | | Scheitern: Handgelenk streckt nicht und den Wasserhahn nicht umfassen | Überanstrengung des Handgelenks | 2,2,1 |
| | | | Heranziehen | Handgelenk nach außen drehen | Erfolgreiches Verhalten : Handgelenk dreht nach außen und schließt den Wasserhahn | | |
| | | | | | Scheitern: Handgelenk kann nicht gedreht werden | Überanstrengung des Handgelenks | 2,2,2 3,1,1 3,3,1 3,3,2 3,4,4 |
| | | | Abziehen | Handgelenk nach innen drehen | Erfolgreiches Verhalten : Handgelenk dreht nach außen und schließt den Wasserhahn | | |
| | | | | | Scheitern: Handgelenk kann nicht gedreht werden | Überanstrengung des Handgelenks | 2,2,2 3,1,1 3,3,1 3,3,2 3,4,4 |
| | | Hand | Greifen | Hand hält den Wasserhahn | Erfolgreiches Verhalten : Hand hält den Wasserhahn fest | | |
| | | | | | Scheitern: Hand kann nicht den Wasserhahn festhalten | Der Wasserhahngriff ist zu groß | 1,1,1 2,1,2 3,4,3 3,4,4 3,4,5 |
| | | Muskel | Isometrische Kontraktion | Muskel anspannen | Erfolgreiches Verhalten: Wasserhahn kann reguliert werden | | |
| | | | | | Scheitern: Wasserhahn kann nicht geöffnet/geschlossen werden | Man muss den Griff mit viel Kraft festhalten und drehen | 3,4,7 |
| | | Auge | Visual | Wahrnehmung | Erfolgreiches Verhalten: Man kann den Wasserhahn klar sehen | | |
| | | | | | Scheitern: Man dreht den falschen Wasserhahngriff | Man kann das Wasser am Körper nicht deutlich sehen | 1,4,3 1,6,1 2,4,3 3,4,10 |
| | | Haut | Tactil | Festhalten | Erfolgreiches Verhalten: Man nimmt den Wasserhahngriff exakt wahr und hält ihn fest | | |
| | | | | | Scheitern: Hand rutscht ab | Reibungsbeiwert ist nicht hoch genug | 1,2 1,3 2,1,3 2,5,6 2,5,9 |
| | | | | Wahrnehmung der Wassermenge | Erfolgreiches Verhalten: man misst exakt die Menge | | |
| | | | | | Scheitern: Man fühlt keine richtige Wassermenge | Wasserhahn wurde nicht vor dem Benutzer montiert. Wasserhahn wurde zu niedrig montiert | 2,4,3 3,4,12 |
| | | Muskelspindel | Kinästhetisch | Gleichgewicht halten | Erfolgreiches Verhalten: Man steht gerade | | |
| | | | | | Scheitern: Man stürzt | Wasserhahngriff ist nicht leicht zu erreichen. Einzelteile der Armatur liegen zu nah beisammen. Wasserhahn wurde zu niedrig montiert | 1,6,2 2,5,12 2,5,13 |
| | | Gehirn | Wahrnehmung | Wahrnehmung | Erfolgreiches Verhalten: Man verarbeitet die Informationen | | |
| | | | | | Scheitern: Man kann die Information nicht richtig wahrnehmen | Die Funktionalität der Wahrnehmung fällt aus | 1,3 1,4 2,4,3 |
| | | | Entscheidung | Entscheidung | Erfolgreiches Verhalten: Man kann sich für die passende Wassermenge entscheiden | | |
| | | | | | Scheitern: Man trifft keine Entscheidung | Gedächtnis ist unklar zu entscheiden | 3,3 3,4,11 |
| | | | Gedächtnis | Erinnerung | Erfolgreiches Verhalten: Man kann sich an vergagene Handlungen erinnen | | |
| | | | | | Scheitern: Man vergisst vergangene Erfahrungen | Erinnerung ist unklar | 3,3 3,4,11 |
| | | | Koordination | Bewegung | Erfolgreiches Verhalten: Man kann komplexe Bewegungen ausführen | | |
| | | | | | Scheitern: Man kann komplexe Bewegungen nicht ausführen | Man kann Bewegungen nicht koordinieren | 1,6,3 3,3,1 3,4,3 3,4,8 3,4,9 |
| | | Rückenmark | Somatosensorische Übertragung | Wahrnehmung | Erfolgreiches Verhalten: Man nimmt exakt die Wassermenge wahrnehmen | | |
| | | | | | Scheitern: Man kann nicht exakt die Wassermengen wahr | Gehirn bekommt kein Signal | 1,3 1,4 2,4 |
| | | | Muskelkontrolle | Bewegung | Erfolgreiches Verhalten: Man kann exakt die Bewegung kontrollieren | | |
| | | | | | Scheitern: Man kann sich nicht bewegen | Signal kann nicht zur Extremitäten transpotiert werden | 1,6,3 3,4,3 3,4,8 3,4,9 3,4,11 |
| | | Nerven | Afferenz | Reiz transportieren | Erfolgreiches Verhalten: Reize werden zum Gehirn transportiert | | |
| | | | | | Scheitern: Reize werden nicht zum Gehirn transportiert | Signal kann nicht zum Rückenmark transpotiert werden | |
| | | | Efferenz | Reiz transportieren | Erfolgreiches Verhalten: Befehle zum Bewegen erreichen die Extremitäten | | |
| | | | | | Scheitern: Befehle zum Bewegen erreichen die Extremitäten nicht | Signal kann nicht zum Muskel transpotiert werden | |

Abbildung 63: Ereignis- und Fehlerbaumanalyse mit dem Produkt „Wasserhahn“ und der Teiltätigkeit „Regulierung der Wassermenge“

Am Ende der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse erzielt man Merkmale, deren Risiko bei der Nutzung in der FMEA abgeschätzt wird. Die Informationen für die Fehleranalyse in der FMEA wie Forschungsgegenstand und Ursachen des potenziellen Ausfalles stammen aus der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse. In den folgenden Schritten muss man die Ausfälle zuerst kategorisieren und wie Art und Auswirkung des Fehlers in die Spalte eintragen. Nach der Fehleranalyse beschäftigt sich ein Anwender dieses Modells mit der Risikobeurteilung (RPZ), um die drei Bewertungen auszuwerten. Diese sind: 1. Wahrscheinlichkeit des Auftretens 2. Bedeutung der Folgen eines Fehlers 3. Wahrscheinlichkeit für die Entdeckung des Fehlers. Die RPZ (Risikoprioritätszahl) ergibt sich aus den drei Bewertungen, wie in Abbildung 64 ersichtlich.

Typ/ Modell/Fertigung/Charge: Dusche

| Konstruktionskomponente: | | Function : **Regulierung der Wassermenge ( T10)** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mögliche Fehler | | | Derzeitiger Zustand | | | | |
| **Wasserhahn** | | Art | Auswirkung | Ursache | Vermeidungsmaßnahmen | A | B | E | RPZ |
| 1,1,1 | Umfassungsgriffe | Unpassender Halt | Abrutschen | Die Fläche des Wasserhahngriffes ist zu breit | Passender Durchmesser | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1,2,8 | Material | Unpassender Halt | Abrutschen | Reibungsbeiwert ist nicht hoch genug | Die Reibungsbeiwert soll mit passenden Materien erhöht werden | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1,3,1 | Glatt | Unpassender Halt | Abrutschen | Der Wasserhahngriff ist nicht leicht festzuhalten. | Vermeidung der glatten Oberfläche | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1,3,2 | Gerillt | Unpassender Halt | Abrutschen | Gerillt nicht genug | Mehr Gerillt | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1,4,1 | Farbe | Missbräuchlich verwenden | Falsch verwenden | Fehlende Indikation | •Zeichen auf der Armatur ergänzen<br>•Verschiedene Zeichen auf der Armatur ergänzen | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1,4,2 | Beschriftung | Missbräuchlich verwenden | Falsch verwenden | Fehlende Indikation | •Eine deutliche Anleitung der Armatur hinzufügen<br>•Verschiedene Beschriftungen auf der Armatur ergänzen | 10 | 2 | 4 | 80 |
| 1,4,3 | Pictogramme | Missbräuchlich verwenden | Falsch verwenden | Fehlende Indikation | •Ein Piktogramme auf der Armatur ergänzen<br>•Piktorgramme mit vielfältigen Informationsärten | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1,6 | Kopplungsfläche | Unpassender Halt | Abrutschen | Die Gestaltung des Griffes ist nicht gemäß der Handhabung entworfen worden | Passende Kopplungsfläche | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1,7,1 | Sichtsräume | Beschädigung | Falsch verwenden | Wegen einer zu niedrigen Montage kann man die Zeichen auf die Armatur nicht sehen | •Passende Montagehöhe<br>•Zeichen auf alle Seiten der Armatur | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1,7,2 | Greifraum | Beschädigung | Stoß<br>Sturz | •Die Armatur ist über der Badewanne montiert worden<br>•Einzelteile der Armatur liegen zu nah beisammen<br>•Die Armatur ist zu niedrig montiert worden | •Die Armatur soll vor dem Benutzer montiert werden.<br>•Genunger Platz zum Greifen | 5 | 8 | 6 | 240 |
| 1,7,3 | Bewegungsräume | Beschädigung | Stoß | Einzelteile der Armatur liegen zu nah beisammen | Der Platz zwischen den Einzelteilen vergrößern | 10 | 5 | 6 | 300 |
| 2,1,3 | Umfassungsgriff | Unpassender Halt | Abrutschen | Man muss mit der ganzen Hand die Bedienung ausführen | •Hilfsmittel, mit dem eine Bedienung mit den Fingern ermöglichen | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 2,2,1 | Dorsal-volarer (oben-unten) | Beschädigung | Nerv geschädigt | Überanstrengung des Handgelenks | Vermeidung der Streckung des Handgelenkes | 5 | 5 | 6 | 150 |
| 2,2,2 | Ulnar-radialer (links-rechts)(B) | Beschädigung | Nerv geschädigt | Überanstrengung des Handgelenks | Vermeidung der inneren/äußeren Drehung des Handgelenkes | 5 | 5 | 6 | 150 |
| 2,2,3 | Supination-Pronation | Beschädigung | Muskelkater | Drehung des Unterarmes | Vermeidung der Drehung des Unterarmes | 5 | 5 | 6 | 150 |
| 2,5,12 | Nach vorne gebeugt | Beschädigung | Sturz | Die Armatur ist zu niedrig montiert | Die Armatur auf passende Höhe montieren | 5 | 8 | 6 | 240 |
| 2,5,13 | Verdreht | Beschädigung | Sturz | Die Armatur ist nicht vor dem Benutzer montiert worden | 90° Drehbarearmatur | 5 | 8 | 6 | 240 |
| 3,3,1 | Fein | Wiederholter Versuch | Frustration | Man muss die Temperatur feiner regulieren | •Wassermengespeicher<br>•Komplizierte Regelung reduzieren | 10 | 2 | 10 | 200 |
| 3,3,2 | Grob | Wiederholter Versuch | Frustration | Man muss eine erwartete Wassermenge regulieren | Wassermengenspeicher | 5 | 2 | 10 | 100 |
| 3,4,3 | Notwendige Kraftübertragung | Wiederholte Bedienung | Frustration | Man muss den Griff mit viel Kraft festhalten | •Hilfsmittel, mit dem eine Bedienung mit den Fingern ermöglichen | 5 | 2 | 10 | 100 |
| 3,4,4 | Häufigkeit der Bedienung | Wiederholte Bedienung | Muskelkater | Man muss Wasserhahn wiederholt drehen | •Einhebelwasserhahn<br>•Schieberegler<br>•Berührunswasserhahn | 5 | 5 | 10 | 250 |

Abbildung 64: FMEA mit Produkt Wasserhahn und Teiltätigkeit Regulierung der Wassermenge

Die Alzheimerkrankheit beeinflusst das kinästhetische Wahrnehmungssystem, das durch die Muskelspindel die Körperbewegungen und die Stellung der Körperteile zueinander registriert und die Dehnung der Muskeln kontrolliert.[284] Aus diesem Grund belastet die Muskelarbeit die Benutzer stark bzw. sie gilt als eine unvermeidbare Ursache eines Ausfalls. Diese Belastung bemerkt man leider erst bei der Anwendung. Der Schweregrad hängt besonders vom individuellen Gesundheitszustand ab. Aus dem oben erwähnten Grund wird die höchste RPZ beim Merkmal „Belastung durch dynamische Muskelarbeit“ erzielt. Dahinter steht das Merkmal „Verletzungsgefährdung“, das aus dem verringerten Gleichgewichtssinn resultiert. Die montierte Höhe der Armatur spielt für die Körperhaltung der Benutzer bei der Anwendung eine große Rolle. Das folgende Merkmal mit einer hohen RPZ ist „Bewegungsräume“, da die Benutzer mit einer verringerten Koordination einen großen Bewegungsraum brauchen, um einen Stoß abzuwenden.

Alle analysierten Merkmale in der FMEA werden weiter in die erste Spalte des Morphologischen Kastens übertragen. Dazugehörige Ausprägungen stammen von den in der FMEA empfohlenen Maßnahmen. Die Darstellung jedes Merkmals ist nicht nur auf eine schriftliche Beschreibung beschränkt, wie in Tabelle 58 ersichtlich, sondern wird auch durch ein Bild dargestellt. Die RPZ jedes Merkmals in der FMEA wird dann von der Expertengruppe bei der Untersuchung im Morphologischen Kasten weiter angewendet. Dieser Wert im Morphologischen Kasten wird als eine Priorität zur Verbesserung aller Merkmale betrachtet.

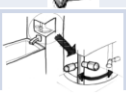
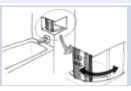
| Parameter | Ausprägung | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1,1,1 Umfassungsgriffe | Passender Durchmesser des Griffes: 28-38mm | Einhebel-Wasserhahn | Schieberegler | Berührunswasserhahn | |
| 1,2,8 Material | Plexiglas | Kupfer | Email | Hartgumml | Messing , verchromt |
| 1,3,1 Glätte | Strahlen | Sandstrahlen (matt) | | | |
| 1,3,2 Gerillt | Anzahl der Rillen: 6 | Anzahl der Rillen: 9 | Anzahl der Rillen: 18 | | |
| 1,4,1 Farbe | | | | | |
| 1,4,2 Beschriftung | 1 2 3 4 5 6 | 1 2 3 4 5 6 | | 1 2 3 4 5 6 | Wasserdichtskleber mit der Anweisung |
| 1,4,3 Piktogramme | | | | | |
| 1,6 Kopplungsfläche | | | | | |
| 1,7,1 Sichtsräume |  |  | Piktogramme stehen überall auf dem Griff | | |

Tabelle 58: Morphologischer Kasten mit dem Produkt „Wasserhahn“ und der Teiltätigkeit „Regulierung der Wassermenge“

[284] Vgl. Teil C, S. 48. & Teil C, S. 63.

**Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems: Arthrose**

Bei dieser Evaluierung werden die drei am häufigsten von der Arthrose betroffenen Gelenke „Hand“, „Knie“ und „Hüfte“ komplett berücksichtigt, um die durch Arthrose eingeschränkten Fähigkeiten bei einer bestimmten Tätigkeit hervorzuheben, damit man alle möglichen Risiken während der Tätigkeit durch die Untersuchung ermitteln kann.

| Beeinflusste Fähigkeiten | Schweregrad |
|---|---|
| • Hand: Kurbeln | 5 |
| • Hand: Schlagen | 5 |
| • Hand: Stoßen | 5 |
| • Hand: Ziehen | 5 |
| • Hand: Greifen | 5 |
| • Hand: Abwiegen | 5 |
| • Hand: Drucken | 5 |
| • Hand: Drehen | 5 |
| • Hand: Wischen | 5 |
| • Knie: Beugen | 5 |
| • Knie: Mediale Drehung | 5 |
| • Knie: Laterale Drehung | 5 |
| • Hüfte: Beugen | 5 |
| • Hüfte: Heranziehen | 5 |
| • Hüfte: Abziehen | 5 |
| • Hüfte: Innendrehung | 5 |
| • Hüfte: Außendrehung | 5 |

Tabelle 59: Durch Arthrose verursachte Einschränkungen und gegebener Schweregrad

Durch die Auswertung in der House-of-Quality-Methode erzielt das Ergebnis mit der höchsten Bewertung das Produkt „Handtuch“ bei der Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“ (Tabelle 60). Bei dieser Teiltätigkeit hält man ein Handtuch und trocknet damit den ganzen Körper ab. Menschen mit restlichen Fähigkeiten des Bewegungsapparates fällt diese komplizierte Tätigkeit schwer, da man unter anderem mit dem Handtuch, das keine feste Form aufweist, zurechtkommen muss. In der weiteren Phase zur Produktanalyse wird dann das Handtuch ausgewählt, um das potenzielle Risiko und die Vermeidungsmaßnahmen festzustellen.

| Produkte | Bademantel | Duschvorhang | | Badewanne | | Duschkopf | | | Wasserhahn | | | | Duschkopf | Seife Seifenunterlage | | Schwamm/ Waschlappen | | | Duschkopf | Handtuch | Bademantel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Teiltätigkeiten | T1 Kleidung ablegen | T2 Duschvorhang aufziehen | T4 Duschvorhang zuziehen | T3 In die Dusche steigen | T20 Aus der Dusche steigen | T5 Duschkopf greifen | T6 Duschkopf halten | T7 Duschkopf einhängen | T8 Wasserhahn öffnen | T10 Regulierung der Wassermenge | T11 Regulierung der Temperatur | T9 Wasserhahn schließen | T12 Körper benässen | T13 Greifen der Seife T14 Seife zurücklegen | | T15 Aufschäumen der Seife im Waschlappen/ Schwamm T16 Einseifen des Körpers | | T17 Massieren | T18 Abspülen der Seife | T19 Abtrocknen des Körpers | T21 Kleidung anlegen |
| Komplette Fähigkeit | 95 | 66 | 66 | 73 | 73 | 44 | 68 | 60 | 65 | 81 | 80 | 65 | 111 | 70 | 68 | 64 | 163 | 163 | 178 | 196 | 88 |
| Restliche Fähigkeit | 171 | 98 | 98 | 137 | 137 | 44 | 108 | 84 | 93 | 109 | 108 | 93 | 143 | 110 | 88 | 84 | 279 | 279 | 274 | 368 | 108 |
| Unterschied | 76 | 32 | 32 | 64 | 64 | 0 | 40 | 24 | 28 | 28 | 28 | 28 | 32 | 40 | 20 | 20 | 116 | 116 | 96 | 172 | 20 |

Tabelle 60: Bewertung im Vergleich zu Menschen mit Arthrose

Die von der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse festgelegten Merkmale werden weiter in der FMEA übertragen.[285] Nach der Bewertung des potenziellen Risikos mit der FMEA werden einige Merkmale mit einer hohen RPZ aufgezeigt, wie in

Abbildung 65 dargestellt. Die Kombination zwischen der Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“ und dem Produkt „Handtuch“ erzeugt viele komplizierte Körperhaltungen, wie das „Nach-Vorne-Beugen“, „Verdrehen“, „Mit-einem-Bein-gestreckt-Stehen“ etc. Vor allem in feuchter Umgebung bringen diese Körperhaltungen eine große Gefahr eines Sturzes mit sich, der verschiedene schwere Verletzungen auslösen kann.

Die Auswirkung der Verletzung „Belastung des Muskels“ steht hinter dem „Sturz“. Wegen des wiederholten Wischens und langzeitigen Greifens eines Handtuchs könnte das Handtuch aus der Hand fallen. In diesem Fall muss man sich wieder nach vorne beugen, um das Handtuch aufzuheben, was eine erneute Sturzgefahr mit sich bringt.

[285] Ausführliches Ergebnis der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse in Anhang E2.2.3 Ereignisbaumanalyse & Fehlerbaumanalyse mit Produkt „Handtuch“ und Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“ S. 185.

Typ/ Modell/Fertigung/Charge: Dusche Krankheit:

| Konstruktionskomponente: | | Function : T19 **Abtrocknen des Körpers** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mögliche Fehler | | | Derzeitiger Zustand | | | | |
| | **Handtuch** | Art | Auswirkung | Ursache | Vermeidungs-maßnahmen | A | B | E | RPZ |
| 1.6.1 | Sichträume | Wiederholter Versuch | Frustration | Man kann das Wasser am Körper nicht deutlich sehen | Durch ein Hilfsmittel kann man um den ganzen Körper sehen | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1.6.2 | | | | Man kann das Handtuch | •Ein Greif des Tuchs<br>•Passsende Höhe eines | 5 | 2 | 4 | 40 |
| | Taktil | Unangenehm | Frustration | | | | | | |
| 2.5.1 | Stehen | Verletzung | Sturz | •Man hat kein gutes Gleichgewicht<br>•Man verliert das Gleichgewicht bei der Veränderung der Körperposition | Sitzen (Gleichgewicht halten) | 10 | 8 | 6 | 480 |
| 2.5.7 | Bihänder | Wiederholter Versuch | Frustration | Man kann das Handtuch nicht festhalten | Komplizierte Koordination der Hände minimieren | 5 | 2 | 6 | 60 |
| 2.5.10 | Beide Arme auf oder über Schulterhöhe | Wiederholter Versuch | Frustration | Man kann das Handtuch nicht festhalten | Komplizierte Koordination der Hände minimieren | 10 | 2 | 6 | 120 |
| 2.5.12 | Nach vorne gebeugt | Verletzung | Sturz | •Man hat kein gutes Gleichgewicht<br>•Man verliert das Gleichgewicht bei der Veränderung der Körperposition | Sitzen (Gleichgewicht halten) | 10 | 8 | 6 | 480 |
| 2.5.14 | Gebeugt und verdreht | Verletzung | Sturz | •Man hat kein gutes Gleichgewicht<br>•Man verliert das Gleichgewicht bei der Veränderung der Körperposition | Sitzen (Gleichgewicht halten) | 10 | 8 | 6 | 480 |
| 2.5.17 | Stehend mit einem Bein gestreckt | Verletzung | Sturz | •Man hat kein gutes Gleichgewicht<br>•Man verliert das Gleichgewicht bei der Veränderung der | Sitzen (Gleichgewicht halten) | 10 | 8 | 6 | 480 |
| 2.5.19 | Ein Knie gebeugt | Verletzung | Sturz | Fuß kann nicht angehoben werden | Sitzen (Gleichgewicht halten) | 10 | 8 | 6 | 480 |
| 3.1.1 | | | | Handgelenk beugt nicht | Komplizierte Bewegungen minimieren | 1 | 2 | 10 | 20 |
| | Ein- oder beidhändige Bedienung | Wiederholter Versuch | Frustration | •Unterarm kann sich nicht freiwillig drehen<br>•Man kann das Handtuch nicht festhalten | | | | | |
| 3.4.6 | Belastung durch statische Halte und Haltungsarbeit | Verletzung | Muskelkater | Man hat keine Kraft das Handtuch festzuhalten | Gewicht reduzieren | 5 | 5 | 10 | 250 |
| 3.4.7 | Belastung durch dynamische Muskelarbeit | Verletzung | Muskelkater | •Man hat keine Kraft das Handtuch festzuhalten<br>•Man verliert das Gleichgewicht bei der Veränderung der Körperposition | •Gewicht reduzieren<br>•Bewegungsbereich minimieren | 5 | 5 | 10 | 250 |
| 3.4.10 | Visuelle Kontrollmöglichkeit | Unangenehm | Frustration | Man kann das Wasser am Körper nicht deutlich sehen | Hilfsmittel zur visuellen Kontrolle | 10 | 2 | 10 | 200 |
| 3.5.3 | Drücken | Verletzung | Muskelkater | Man kann das Handtuch nicht festhalten | Komplizierte Bewegungen minimieren | 5 | 5 | 10 | 250 |
| 3.5.4 | Schieben | Verletzung | Muskelkater | Man kann das Handtuch nicht festhalten | Komplizierte Bewegungen minimieren | 5 | 5 | 10 | 250 |
| | | | | Man kann das Handtuch nicht | Komplizierte Bewegungen minimieren | 5 | 5 | 10 | |

Abbildung 65: FMEA mit Produkt „Handtuch“ und Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“

**Der Diabetes**

Der Diabetes ist eine bei älteren Menschen verbreitete Krankheit, bei der Symptome hauptsächlich bei Funktionen der inneren Organe auftreten und diese beeinträchtigen. Dennoch kann es auch zu körperlichen Einschränkungen kommen, wie z. B. bei der Hand. Die von den Symptomen und Komplikationen beeinflussten Fähigkeiten werden auch bei der Evaluierung in Betracht gezogen (Tabelle 61).

| Beeinflusste Fähigkeiten | Schweregrad |
|---|---|
| • Muskel: Isometrische Kontraktion<br>• Muskel: Konzentrische Kontraktion<br>• Muskel: Exzentrische Kontraktion<br>• Visuelles Wahrnehmungssystem | 5<br>5<br>5<br>5 |
| • Hand: Kurbeln<br>• Hand: Schlagen<br>• Hand: Stoßen<br>• Hand: Ziehen<br>• Hand: Greifen<br>• Hand: Abwiegen<br>• Hand: Drucken<br>• Hand: Drehen<br>• Hand: Wischen | 5<br>5<br>5<br>5<br>5<br>5<br>5<br>5<br>5 |

Tabelle 61: Durch Diabetes verursachte Einschränkungen und gegebener Schweregrad

Das Ergebnis der House-of-Quality-Methode wird in Tabelle 62 gezeigt. Die durch Diabetes eingeschränkten Fähigkeiten beeinflussen meistens die Leistung der Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“. Diese Situation ist gleich wie bei der Arthrose. Der Hauptgrund für die eingeschränkten Fähigkeiten ist, dass die Hand und der Muskel die vom Diabetes am stärksten betroffenen Körperteile sind. Diese zwei Körperteile spielen bei der Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“ eine große Rolle. Die Produktanalyse „Handtuch“ wurde bereits bei der Analyse der Arthrose durchgeführt.

Zu der Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“ gehören die Tätigkeiten „Einseifen des Körpers“ und „Massieren“, die mit dem Produkt „Schwamm/Waschlappen“ ausgeführt werden. Die Anwendungsweise des Produktes „Handtuch“ ist ähnlich der des „Schwamms/Waschlappens“. Beide Produkte zeichnen sich durch ein unstabiles und weiches Material aus, außerdem berühren die beiden Produkte während der Teiltätigkeit den Körper. Wegen der Ähnlichkeit zwischen Handtuch und Schwamm wird in der weiteren Evaluierung der Duschkopf für eine Produktanalyse ausgewählt.

| Produkte | Bademantel | Duschvorhang | | Badewanne | | Duschkopf | | | Wasserhahn | | | | Duschkopf | Seife Seifenunterlage | | Schwamm/ Waschlappen | | | Duschkopf | Handtuch | Bademantel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Teiltätigkeiten | T1 Kleidung ablegen | T2 Duschvorhang aufziehen | T4 Duschvorhang zuziehen | T3 In die Dusche steigen | T20 Aus der Dusche steigen | T5 Duschkopf greifen | T6 Duschkopf halten | T7 Duschkopf einhängen | T8 Wasserhahn öffnen | T10 Regulierung der Wassermenge | T11 Regulierung der Temperatur | T9 Wasserhahn schließen | T12 Körper benässen | T13 Greifen der Seife | T14 Seife zurücklegen | T15 Aufschäumen der Seife im Waschlappen/ Schwamm | T16 Einseifen des Körpers | T17 Massieren | T18 Abspülen der Seife | T19 Abtrocknen des Körpers | T21 Kleidung anlegen |
| Komplette Fähigkeit | 95 | 66 | 66 | 73 | 73 | 44 | 68 | 60 | 65 | 81 | 80 | 65 | 111 | 70 | 68 | 64 | 163 | 163 | 178 | 196 | 88 |
| Restliche Fähigkeit | 152 | 95 | 95 | 91 | 91 | 53 | 113 | 93 | 103 | 133 | 117 | 103 | 155 | 101 | 99 | 86 | 223 | 223 | 234 | 274 | 112 |
| Unterschied | 57 | 29 | 29 | 18 | 18 | 9 | 45 | 33 | 38 | 52 | 37 | 38 | 44 | 31 | 31 | 22 | 60 | 60 | 56 | 78 | 24 |

Tabelle 62: Bewertung im Vergleich zu Menschen mit Diabetes

Bei der Tätigkeit „Abtrocknen des Körpers“ sind die benötigten Fähigkeiten sehr ähnlich wie bei der Teiltätigkeit „Abspülen der Seife“.[286] Der Unterschied ist, dass bei der Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“ die Fähigkeiten „Abwiegen“ und „Thermisches Wahrnehmungssystem“ benötigt werden.[287] Während der Teiltätigkeit „Abspülen der Seife“ muss ein Benutzer nach dem Abnehmen des Duschkopfs aus der Halterung dessen Gewicht halten können. Das Gewicht des Duschkopfs ist vom Material und Design abhängig, deswegen muss es auch bei der Teiltätigkeit berücksichtigt werden.

Wegen der vorherigen Berücksichtigung des Merkmals „Wärmedämmung“ erzielt die RPZ des Merkmals „Wärmeleitfähigkeit des Duschkopfes“ einen geringeren Wert. Vor allem kann die Temperatur des Wassers bei der Tätigkeit „Regulierung der Temperatur“durch eine passende Maßnahme mögliche Verletzungen verhindern, z. B. durch eine festgelegte Höchsttemperatur. Aus diesem Grund kann die Restfähigkeit „Thermisches Wahrnehmen“ zu einer geringeren Unfallwahrscheinlichkeit führen. Trotzdem muss diese Restfähigkeit beim Entwicklungsprozess eines Produktes wieder hervorgehoben werden, damit sich der Produktentwickler mehrere innovative Gestaltungslösungen ausdenken kann.

[286] Vgl. Anhang E2.2.1, S.182.

[287] Ausführliches Ergebnis der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse in Anhang E2.2.3 Ereignisbaumanalyse & Fehlerbaumanalyse mit Produkt „Handtuch“ und Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“, S.185f und Anhang E2.2.4 Ereignisbaumanalyse & Fehlerbaumanalyse mit Produkt „Duschkopf“ und Teiltätigkeit „Abspülen der Seife“, S. 187f.

## E2.3 Evaluierung des Gesamtergebnisses

***Gesamtergebnisse der Evaluierung***

1. Vollständigkeit der Untersuchung

Die erforderlichen Fähigkeiten werden am Anfang der Ausführung des Modells in der Hierarchieanalyse ausführlich definiert. Danach kann man durch Gegenüberstellung zwischen den Fähigkeiten und den Teiltätigkeiten den Zusammenhang feststellen. Es zeigt sich, dass zwei Tätigkeiten ähnliche Fähigkeiten benötigen, dennoch sollte die Produktanalyse in der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse noch einmal ausführlich analysiert werden.

Für die Tätigkeiten „Abtrocknen des Körpers“ und „Abspülen der Seife“ benötigt man zum Beispiel ähnliche Fähigkeiten, deswegen kann man den Zusammenhang zwischen den Fähigkeiten und den Merkmalen des Produktes durch die Untersuchung des möglichen Scheiterns einer Tätigkeit in der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse noch einmal feststellen. Dadurch kann der von den Einschränkungen verursachte Einfluss auf die Tätigkeiten eindeutig dargestellt werden.

Diese Ergebnisse sind künftig für den Verbesserungsvorschlag sehr nützlich. Wenn man zwei verschiedene Teiltätigkeiten mit zwei unterschiedlichen Produkten ausführt, die dennoch ähnliche Fähigkeiten benötigen, wie z. B. das „Abtrocknen des Körpers“ mit dem Produkt „Handtuch“ und dem „Abspülen der Seife“ mit dem Produkt „Duschkopf“, dann kann der Produktentwickler die Verbesserung bei einem Merkmal des Produktes auch für die Verbesserung eines Merkmales des anderen Produktes in Betracht ziehen, da man bei beiden Teiltätigkeiten ähnliche Fähigkeiten benutzt.

2. Übereinstimmung der Kriterien

In der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse erarbeitete Merkmale des Produktes können gemäß der drei Phasen kategorisiert werden: „Merkmale des Produktes“, „Kontakt mit dem Produkt“ und „Durchführung". Bei der Bewertung der „Entdeckung des Fehlers“ in der FMEA kann man feststellen, dass die drei Phasen der Produktmerkmale mit dem Kriterium zur „Entdeckung des Fehlers“ übereinstimmen. Die beiden Kategorien sind in Abbildung 66 gegenübergestellt.

Merkmale, die zur Phase „Merkmale des Produktes“ bzw. innewohnende Merkmale gehören, kann man vor der Herstellung durch die Untersuchung festlegen. Dadurch hat man schon in der frühen Entwicklungsphase die Möglichkeit Fehler zu finden. Aus diesem Grund ist der Wert der „Entdeckung des Fehlers“ in der FMEA niedrig. Können nämlich Fehler der Merkmale, die zur Phase „Durchführung“ gehören, erst in einer späteren Entwicklungsphase des Produktes gefunden werden, dann ist der Wert der Entdeckung des Fehlers hoch.

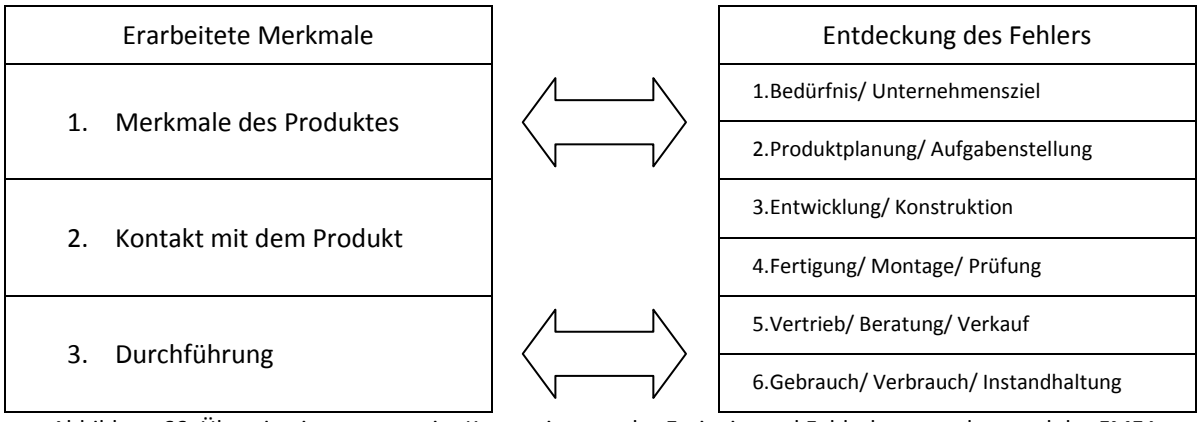



Abbildung 66: Übereinstimmung zweier Kategorien aus der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse und der FMEA

***Stärken des Gesamtergebnisses***

1. Quantitative Analyse der House-of-Quality-Methode

Bei der quantitativen Analyse in der House-of-Quality-Methode wurde eine Vorgehensweise zur Bewertung bereits erarbeitet. Mit dieser Vorgehensweise kann man den Wert in der Beziehungsmatrix jederzeit erneut messen. Bei der sich schnell entwickelnden Produktgestaltung können unterschiedliche Produkte durch diese einheitliche Vorgehensweise ihre wirkliche Situation der Anwendung reflektieren. Diese gemäß der Verwendungsweise des Benutzers erarbeitete Vorgehensweise wird nicht von den großen Unterschieden zwischen den Produkten beeinflusst.

2. Wiedergabe der benötigten Fähigkeit bei der Nutzung

Durch eine Fähigkeitsanalyse in der Hierarchie-Analyse und eine Beziehungsanalyse in der House-of-Quality-Analyse kann durch die Ziffer ein Zusammenhang zwischen Produkten und Fähigkeiten deutlich dargestellt werden. Das Ergebnis der Beziehungsmatrix im House of Quality gibt vor, wie man bei einer komplizierten Teiltätigkeit mit dem zugehörigen Produkt verfährt. Diese Informationen zeigen nicht nur den Bedienungsvorgang eines Produktes, sondern auch einige potenziell zu verbessernde Produktmerkmale, die anschließend in den nächsten Schritt der Methode übertragen werden.

3. Quantitative Analyse in der FMEA

Mit Hilfe der House-of-Quality-Analyse kann ein zu analysierendes Produkt festgelegt werden und seine Merkmale in der FMEA können weiter untersucht werden, um Prioritäten bei der Verbesserung eines Produktes zu bestimmen. Mit den in der FMEA erarbeiteten drei Kriterien zur Risikobeurteilung kann die RPZ das potenzielle Risiko bei der Nutzung effizient wiedergeben.

4. Untersuchung des Produktes

Das in dieser Arbeit entwickelte Modell zielt darauf ab, ein Produkt unter Berücksichtigung des Gesundheitszustands der Benutzer weiterzuentwickeln. Die Durchführung dieses Modells beginnt mit der Ermittlung des Gesundheitszustands der Benutzer. Man kann jedoch auch ohne Berücksichtigung eines bestimmten Gesundheitszustands den Schwerpunkt auf ein gegebenes Produkt legen und die zu verbessernden Merkmale des Produktes finden. Dennoch muss man zuerst die für eine Teiltätigkeit benötigten Fähigkeiten definieren, damit die Produktanalyse in der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse

weiter durchgeführt werden kann. Der Vorgang dieser Situation ist in Abbildung 67 gezeigt. Wie im Bild ersichtlich, kann man die Produktanalyse direkt mit der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse beginnen, jedoch müssen zuerst die erforderlichen Fähigkeiten definiert werden.

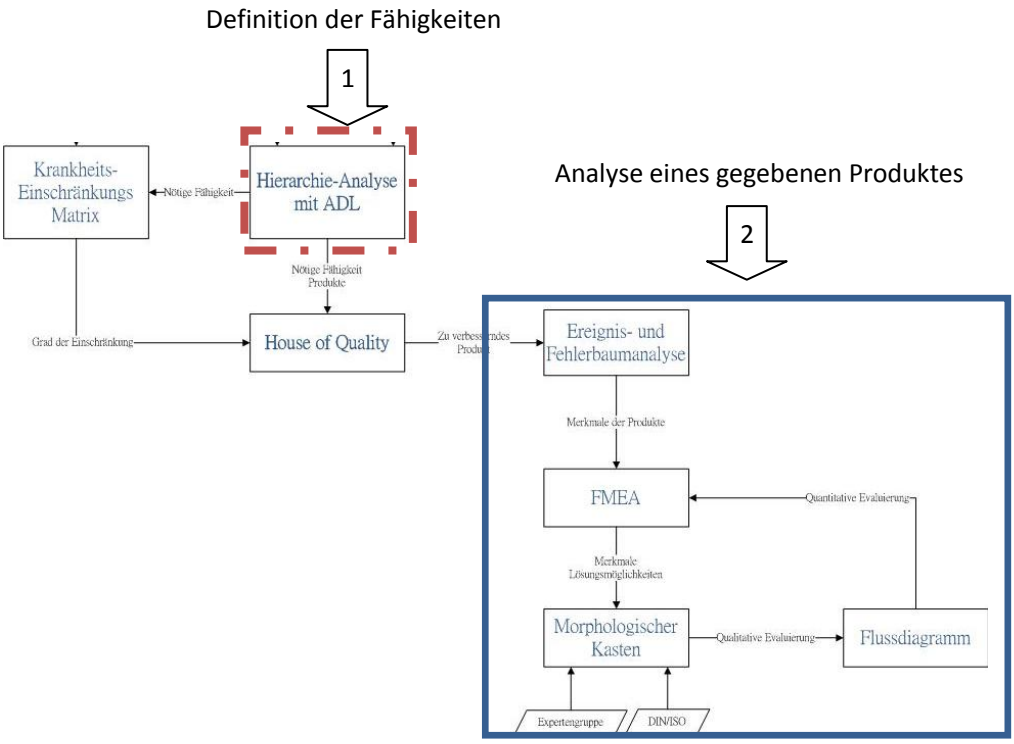



Abbildung 67: Vorgang der Untersuchung ohne Berücksichtigung des Gesundheitszustands der Benutzer

***Schwächen des Gesamtergebnisses***

1. Quantitative Analyse mit einer hohen Häufigkeit im House of Quality

Bei der Bewertung in der Beziehungsmatrix der House-of-Quality-Analyse wurden alle Werte gemäß der Verwendungsweise bewertet, die vom gegebenen Stil des Produktes abhängig sind. Wenn die Verwendungsweise eines neuen Produktes sich stark vom vorherigen Produkt unterscheidet, muss die Vorgehensweise zur Bewertung wegen dieses Unterschiedes wiederholt werden, um die wirkliche Situation ausführlich wiederzugeben. Dennoch kann dieser aufwendige Prozess durch die bereits erarbeitete Vorgehensweise effizient ausgeführt werden.

2. Auswirkung der Kombination mehrerer Krankheiten ist unklar

Diese Dissertation zielt darauf ab, den Gesundheitszustand der Benutzer wiederzugeben. Einige arbeitswissenschaftliche Methoden im Modell wurden angenommen, um die aktuellen Gesundheitszustände zu reflektieren, dennoch wurde die durch die Multimorbidität ausgelöste Auswirkung in dieser Dissertation mangels medizinischer Erfahrung in der Praxis nicht betrachtet. Das Zusammenspiel unter den Krankheiten kann künftig durch reiche Erfahrungen in der Praxis ersetzt werden.

3. Definition der Merkmalsarten ist noch nicht umfassend genug

Die bei der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse erstellte Merkmalsliste wurde aus unterschiedlichen Quellen zusammengetragen, unter anderem auch aus Quellen der Mensch-Maschine-Schnittstelle und der Anforderungsliste während des Entwicklungsprozesses. Dennoch ist die Liste nicht komplett, denn manche Merkmale sind in der Liste nicht berücksichtigt, so z. B. die Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“ mit dem zugehörigen Produkt „Handtuch“. Wenn ein Benutzer mit einer Wahrnehmungsstörung diese Teiltätigkeit ausführt, muss er feststellen können, ob der Körper nach dem Abtrocknen tatsächlich trocken ist. In diesem Fall gibt es leider kein entsprechendes Merkmal des Handtuchs, um festzustellen, ob der Körper trocken ist. Jedoch braucht der Benutzer ein Merkmal, entweder des Handtuchs oder eines anderen Hilfsmittels, zur Bestätigung dieser beschriebenen Anforderung. Aus Rücksicht auf diesen Fall empfiehlt es sich, das fehlende Merkmal bei diesen besonderen Fällen in der FMEA extra zu notieren, damit diese besonderen Anforderungen an das Produkt bei der Untersuchung beachtet werden können.

## Zusammenfassung von Teil E

In der Evaluierung dieses Modells zur nutzerorientierten Produktentwicklung erfolgt sowohl die Überprüfung der Verwendbarkeit dieses Modells und aller gesetzten Ziele als auch die Bewertung des Gesamtergebnisses. Dazu werden für drei Krankheitsfälle für den Ort „Badezimmer“ die physischen und psychischen Fähigkeiten bestimmt. Dadurch kann der Anwendungsbereich dieses Modells ebenfalls überprüft werden.

Die erste Bewertung stellt die Erfüllung der zu Beginn gesetzten Ziele und die Berücksichtigung aller in dieser Arbeit festgelegten Faktoren in den Mittelpunkt. Diese Bewertung zeigt durch zwei Teile der Analyse (Nutzungskontextanalyse und Produktbezogene Analyse) die Vereinbarkeit der Methoden, Faktoren und Ziele.

Die Verwendbarkeit dieses Modells wird dann anhand von drei Krankheitsfällen – Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems, Diabetes und Alzheimer – in der zweiten Bewertung überprüft. Diese drei unter älteren Menschen verbreiteten Krankheiten weisen unterschiedliche körperliche Symptome auf. Durch diesen großen Unterschied in den menschlichen Fähigkeiten kann bewertet werden, ob mittels dieses Modells verschiedene Gesundheitszustände bei der Produktentwicklung wirklich wiedergegeben werden können und ob Einschränkungen durch die von dem Modell herausgefundenen Verbesserungsmaßnahmen ausgeglichen werden können.

Die abschließende Bewertung des Gesamtergebnisses unterstreicht zuerst die Eignung des Vorgehens zur Entwicklung des Modells (z. B. vollständige Definition der menschlichen Fähigkeiten). Aufgrund dieser Besonderheit kann ein daraus erzieltes Ergebnis auch für andere Bereiche nützlich sein, wie z. B. für die Medizin, Rehabilitation, Produktgestaltung usw. Die Stärken und Schwächen dieses Modells werden nach dem Evaluierungsprozess ebenfalls festgestellt und aufgelistet.

# F Schlussbetrachtung

Inhalt und Aufbau von Teil F:

F1 Diskussion (S. 152)

F1.1 Diskussion des methodischen Vorgehens (S. 152)

F1.2 Diskussion der Ergebnisse und Ableitung weiterer Forschungsfragestellungen (S. 155)

F2 Übertragbarkeit (S. 156)

F2.1 Übertragbarkeit auf andere Zielgruppen (S. 157)

F2.2 Übertragbarkeit auf weitere Branchen (S. 158)

F2.3 Übertragbarkeit auf die Arbeitsplatz- und Arbeitsmittelgestaltung (S. 158)

F3 Ausblick (S. 161)

Zusammenfassung von Teil F (S. 162)

In der Schlussbetrachtung erfolgt zunächst eine Diskussion der Arbeit sowohl im Hinblick auf das methodische Vorgehen als auch auf die Ergebnisse. Anschließend werden Möglichkeiten der Übertragbarkeit auf andere Bereiche in Bezug auf Benutzer, Arbeitsplatz und Wissenschaftsbereich aufgezeigt. Mit einer Einschätzung der zukünftigen Beiträge und einem Ausblick auf weitere Anwendungen des Modells schließt die Arbeit.

# F1 Diskussion

## F1.1 Diskussion des methodischen Vorgehens

***Eigenschaft der Untersuchungsmethode***

1. Objektive und subjektive Analyse

Um Probleme zu lösen, muss man zuerst Angaben über den Forschungsgegenstand und dessen Umgebung sammeln, dadurch kann der Kern der Probleme gefunden werden. Je genauere Angaben gesammelt werden, umso besser können Forscher Umstände verstehen. Dieses Modells zielt darauf ab, ein nutzerorientiertes Modell zu entwickeln, deswegen stehen Informationen seitens der Benutzer im Vordergrund.

Da es individuelle Unterschiede zwischen den Menschen gibt, sind auftretende Symptome bzw. Einschränkungen schwer abzuschätzen. Obwohl verschiedene Patienten an dem gleichen Schweregrad einer Krankheit leiden, gibt es trotzdem große Unterschiede. Symptome und Komplikationen einer bestimmten Krankheit kann man durch medizinische Fachbücher in Erfahrung bringen. Diese gelten als objektive Informationen, die von Fachleuten im Bereich der Medizin festgestellt werden. In der vorliegenden Arbeit werden Gesundheitszustände der Benutzer dadurch objektiv dargestellt.

Bei diesem Modell können Informationen, die wirkliche Gesundheitszustände betreffen, dadurch in Erfahrung gebracht werden, dass Benutzer anwesend sind und ihre Einschätzung abgeben können. Diese Informationen gelten als eine subjektive Information, die die objektive Information ausgleichen kann. Mit diesen beiden Informationsarten können deshalb die tatsächlichen Anforderungen der Benutzer an Produkte besser verstanden werden.

2. Quantitative und qualitative Analyse

Die zu lösenden Probleme sind nicht offen greifbar, da sie oft im Inneren eines Forschungsgegenstandes bestehen. Aus diesem Grund muss die Expertengruppe alle Einzelheiten vor Augen haben, erst dann kann sich der Forscher auf diese Einzelheiten ausrichten, um den Zustand der Betroffenen zu analysieren und dadurch eine Lösung zu finden. Kelle behauptet, dass die Methodenkombination aus qualitativen und quantitativen Forschungen die Besonderheit hat, unterschiedliche Vorstellungen zu reflektieren.[288] Einige Untersuchungen stellen in Bezug auf das Ergebnis dieser Methodenkombination ebenfalls fest, dass qualitative und quantitative Forschungsergebnisse in einigen Fällen übereinstimmen und sich gegenseitig ergänzen.[289] In der vorliegenden Arbeit wurden einige während des Entwicklungsprozesses zu berücksichtigende Faktoren festgelegt, wie Benutzer, Tätigkeit und Produkt usw., die jeweils wichtige, zu untersuchende Eigenschaften aufweisen. Mit diesen verschiedenen Eigenschaften muss die Methodenkombination

[288] Vgl. Kelle, Udo (2007), S. 232.
[289] Vgl. Ebenda, S. 232.

dann zum Einsatz kommen, um Untersuchungen aller Faktoren durchzuführen. Dadurch können nicht nur einige für Faktoren passende Methoden gefunden werden, sondern es kann auch ein aus qualitativen und quantitativen Methoden bestehendes Modell entwickelt werden. Aus diesem Grund wurden qualitative und quantitative Analysen mehrmals in der Arbeit verwendet und in das Modell integriert.

Die Hierarchieanalyse ist eine bekannte und häufig genutzte Methode, mit der alle Ziele, Teilziele und Tätigkeiten bzw. Pläne eines Forschungsgegenstands durch die Hierarchie schichtweise zergliedert werden können, wodurch ein besseres Verständnis einer Tätigkeit erreicht wird und ihr Kernproblem aufgedeckt werden kann.[290] Die Analyse der Aufgliederung wurde in der vorliegenden Arbeit vielmals verwendet, wie Fähigkeiten der Menschen bei der Hierarchieanalyse, Tätigkeiten bei der House-of-Quality-Analyse und Merkmale bei der Ereignisbaumanalyse. Durch solche Methoden können eingebettete Informationen gezeigt werden, die während der Analyse von Fachleuten nicht verstanden werden.

Die FMEA weist qualitativ und quantitativ Besonderheiten auf. Quantitativ gesehen kann die Risikoabschätzung in der FMEA bewertet werden. Die Lösungsmöglichkeit in der FMEA gehört dennoch zur qualitativen Analyse.

***Drei Hauptfaktoren dieses Modells***

1. Wesentliche Fähigkeiten des Benutzers

Crews und Zavotka schlagen vor, man solle bei der Produktentwicklung eines universalen Designs zuerst individuelle Unterschiede berücksichtigen.[291] Die Anforderungen sind von Mensch zu Mensch unterschiedlich und auch von vielen Ursachen abhängig, wie Lebensstil, Geschlecht, ausgeübter Beruf etc. Obwohl die Aktivität unter den Menschen unterschiedlich stark ist, besitzt doch jeder Mensch von Geburt an die gleichen wesentlichen Fähigkeiten. Diese wesentlichen Fähigkeiten kann man mithilfe der Hierarchieanalyse anschaulich darstellen. Im Mittelpunkt der Hierarchieanalyse stehen festgelegte Fähigkeiten. Die oben stehende Tätigkeit, deren Teiltätigkeiten und die unten stehenden Produkte sind in der Hierarchieanalyse je nach Forschungsgebiet und Forschungsgegenstand austauschbar und flexibel. Daher kann die festgelegte Struktur der Hierarchieanalyse auf viele Bereiche wie anderer Wohnort, Arbeitsplatz etc. übertragen werden.

In der Hierarchieanalyse wurden zwar allgemeine Fähigkeiten bereits erarbeitet und festgelegt, jedoch ist diese Information nicht ausreichend. Um den individuellen Unterschied unter den Menschen zu erfahren, sind die Aussagen der Benutzer ebenfalls bei der Produktentwicklung nötig. Während die Fähigkeiten in der Hierarchieanalyse eine objektive Information darstellen, werden die Aussagen vom Benutzer als eine subjektive Information betrachtet. Erforderliche Fähigkeiten und Erkrankungen, an denen ältere Benutzer häufig leiden, können in der Krankheits-Fähigkeits-Matrix gegenübergestellt

[290] Vgl. Stanton, Neville A. (2006), S. 46.
[291] Vgl. Crews, Douglas E. und Zavotka, Susan (2006), S. 115.

werden. Somit wird der Zusammenhang zwischen den Krankheiten und den beeinflussten Fähigkeiten eindeutig und objektiv dargestellt, gleichzeitig können dabei wirkliche Fähigkeiten der Benutzer mit dem Grad der Skala subjektiv dargelegt werden. Der individuelle Zustand würde dadurch tatsächlich reflektiert, danach kann der Produktgestalter ein entsprechendes Produkt für ein Individuum gestalten.

2. Fähigkeiten zur Tätigkeitsbewältigung

Erforderliche Fähigkeiten sind von der Umgebung abhängig. In der vorliegenden Arbeit wurde das Badezimmer als Beispiel für eine Umgebung gewählt, dann wird eine im Badezimmer ausgeführte Tätigkeit für die Untersuchung in der Hierarchieanalyse bestimmt. Diese Tätigkeit wird dann weiter in Teiltätigkeiten unterteilt, z. B. durch Beobachtung oder Befragung.

Jede Teiltätigkeit wird dann den Fähigkeiten in der House-of-Quality-Methode gegenübergestellt. Außerdem wird der vom Benutzer geäußerte Gesundheitszustand als Wertung hinzugefügt, um den wirklichen Gesundheitszustand der Benutzer widerzuspiegeln. Auf diese Weise kann der kundenseitige Zustand beim Entwicklungsprozess berücksichtigt werden, gleichzeitig kann die benutzerorientierte Anforderung während der Produktentwicklung erfüllt werden.

Durch die Matrix im House of Quality kann die Beziehung zwischen den Tätigkeiten und Fähigkeiten eindeutig dargestellt werden. Mithilfe der Darstellung der Beziehung kann man die Wichtigkeit jeder körperlichen Fähigkeit und Koordinationen der Fähigkeiten nachvollziehen. Durch diesen Prozess kann die Wichtigkeit und Notwendigkeit jeder Fähigkeit objektiv bewertet werden.

3. Produkt

Das Produkt steht hier im Vordergrund, da es das Ziel dieser Arbeit ist, ein benutzerorientiertes Produkt für ältere Menschen zu entwickeln. Verfügbare Produkte in einer gegebenen Umgebung werden zuerst in der Hierarchieanalyse festgestellt, danach werden Produkte durch die House-of-Quality-Methode mit den Teiltätigkeiten gekoppelt. Mit Beendigung der Analyse des House of Quality können zu verbessernde Produkte nach den restlichen Fähigkeiten der Benutzer priorisiert werden.

Der Zweck der Ereignisbaumanalyse ist es, diejenigen Fähigkeiten zu finden, die das Scheitern einer Teiltätigkeit verursachen. Danach listet man mögliche Merkmale des Produktes auf, die auch zum Scheitern führen. Gemäß diesen Angaben können zu verbessernde Merkmale des Produktes festgestellt werden. Vor der Auflistung der Merkmale müssen alle betroffenen Merkmalsarten und Merkmale definiert werden. Die bei der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse erarbeitete Liste der Merkmale ist zwar aus verschiedenen Literaturquellen gesammelt und angeordnet worden, ist aber dennoch nicht vollständig. Dies beweist die Evaluierung aus Teil 5. Diese fehlenden Merkmale können in FMEA aufgezeichnet und künftig durch Durchführungen in Praxis weiter ergänzt werden. Die in der Ereignis- und Fehlerbaumanalyse festgelegten Merkmale dienen als Ausgangspunkt der Risikoanalyse in der FMEA. Durch den Prozess der Priorisierung können zu verbessernde Merkmale bestimmt werden.

Mit einer Reihe von Methoden kann ein ganzes Produkt auf einzelne Merkmale herunter gebrochen und schrittweise hierarchisch analysiert werden, um die Einzelheit des Forschungsgegenstandes in dieser Arbeit ausführlich nachzuvollziehen und zu verbessern.

## F1.2 Diskussion der Ergebnisse und Ableitung weiterer Fragestellungen

Die Anforderungen der Benutzer in Erfahrung zu bringen gehört zu den Herausforderungen, die sich dem Produktgestalter beim Produktentwicklungsprozess stellen. Daran müssen sich viele Fachleute beteiligen, um die Nutzbarkeit, Effektivität und Effizienz während der künftigen Produktanwendung sicherzustellen. Das Ergebnis dieses Modell soll Produktgestaltern den Produktentwicklungsprozess erleichtern. Das systematisch integrierende Modell hilft betroffenen Fachleuten während ihrer Zusammenarbeit, Entscheidungen über eine optimale Maßnahme zu treffen. Zur Ideenfindung wird von den Expertengruppen oft die Brainstorming-Methode angewendet, die jedoch zu lange dauert, da es keinen Zeitdruck gibt.[292] Die im Modell vorgeschlagene FMEA-Methode zur Ideenfindung erlaubt Kundenanforderungen frühzeitig strukturiert zu identifizieren.

Das Modell muss zuerst in der Praxis mehrmals angewendet und erprobt werden. Nach einer gewissen Anzahl von Verwendungen können tendenzielle Anforderungen an ein Produkt durch eine statistische Analyse entdeckt werden, danach kann man ein Produkt für eine Zielgruppe mit einer bestimmten Einschränkung voraussagen. An einer Degeneration des Muskels Erkrankte haben z. B. die gleichen Anforderungen an ein kraftsparendes Produkt. Gemäß dieser Tendenz kann das Produkt auch für Erkrankte mit Muskel-Skelett-Verletzung empfohlen werden. Alle Informationen einschließlich der restlichen Fähigkeiten, der benutzerorientierten Vorschläge und der verbesserten Produkte werden in der Datenbank gespeichert. Die Erklärung der weiteren Entwicklung des Modells wird in Abbildung 68 gezeigt.

Der obere Teil von Abbildung 68 zeigt den Vorgang der Durchführung dieses Modells. Die weitere Anwendung zielt darauf ab, dass dieses Modell künftig ebenfalls in anderen Bewegungsbereichen im Haus verwendet werden kann, wie z. B. in der Küche, dem Wohnzimmer etc. Die durch mehrmalige Anwendungen dieses Modell gesammelten Daten werden in einer Datenbank gespeichert, in der die restlichen Fähigkeiten bzw. Fähigkeiten der Benutzer und die durch das Modell festgestellten Vorschläge aufgenommen werden können. Danach können Betroffene künftig nach Bedarf eine effiziente Beratung von medizinischen Fachleuten erhalten. Diese ist im unteren Teil von Abbildung 68 dargestellt.

[292] Vgl. Kamiske, Gerd F. und Brauer, Jörg-Peter (2007), S. 233.

Von der Krankheit verursachte Restfähigkeiten führen möglicherweise zu Veränderungen in den Gewohnheiten bei der Anwendung eines Produktes. Durch die ungewohnte Anwendungsweise erhöht sich das Verletzungsrisiko. Vor dem Auftreten des Risikos können medizinische Fachleute ein geeignetes Produkt vorschlagen. Dadurch kann das Ausmaß der Änderungen minimiert und das durch die Änderungen entstehende Risiko vermieden werden.

Individuelle Unterschiede zwischen den Benutzern sind nicht einfach vorherzusagen, weil das Ausmaß der Einflussfaktoren immer umfangreich ist. Während der Nutzung dieses Modells muss man Angaben über Verwendungen und vor allem Schwächen dieses Modells aufzeichnen, dadurch kann das Modell verbessert werden.

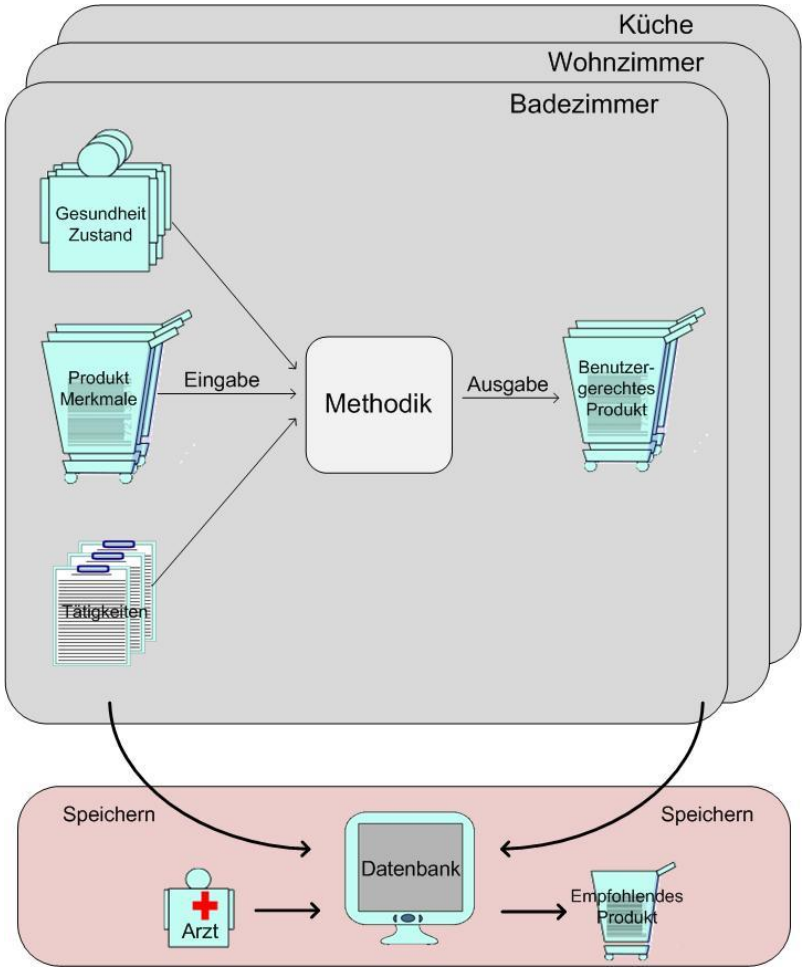



Abbildung 68: Anwendung des entwickelten Modells und künftig erweiterte Entwicklung

## F2 Übertragbarkeit

Das Hauptziel dieser Arbeit ist es, dass der Produktgestalter beim Produktentwicklungsprozess die wirklichen Anforderungen der Benutzer versteht und dass sich ältere Benutzer, deren Fähigkeiten eingeschränkt sind, bei der Anwendung des Produktes wohlfühlen. Der Entwicklungsvorgang dieses Modells bringt Vorteile für andere Zielgruppen mit sich, die bei den umfangreichen Betroffenen

bezüglich der benutzerorientierten Produktentwicklung behilflich sind. Diese Übertragbarkeit wird in den nachfolgenden Abschnitten erklärt.

## F2.1 Übertragbarkeit auf andere Zielgruppen

Der Fokus in der vorliegenden Arbeit liegt zwar auf älteren Benutzern mit Einschränkungen, um deren Anforderungen an ein Produkt hervorzuheben; dennoch leiden Menschen jeden Alters an denselben Krankheiten und Symptomen. Aus diesem Grund ist der Beitrag dieser Arbeit nicht nur für ältere Benutzer nützlich, sondern auch für diejenigen, die an den gleichen Krankheiten leiden und ähnliche Einschränkungen haben.

Die andere potenzielle Zielgruppe sind ältere berufstätige Benutzer. Diese Zielgruppe wird wegen des demografischen Wandels länger berufstätig bleiben als früher. Die Untersuchungsumgebung kann vom Bereich des Wohnorts zum Arbeitsplatz wechseln, gleichzeitig können zugehörige Produkte gemäß den Tätigkeiten auch in der Hierarchieanalyse flexibel geändert werden.

Die drei Variablen Alter, Ort und Gesundheitszustand bilden ein dreiaxiales Rechteck, wie Abbildung 69 zeigt. Die in dieser Dissertation festgelegte Zielgruppe steht oben rechts im Rechteck. Diese Zielgruppe fokussiert sich auf die älteren Benutzer über 65 mit Einschränkungen. Das Modell kann aber auch auf andere Zielgruppen angewendet werden, wie z. B. auf Benutzer unter 65 mit Einschränkungen, auf Benutzer unter 65 mit Restfähigkeiten am Arbeitsplatz oder auf Benutzer über 65 mit Restfähigkeiten am Arbeitsplatz.

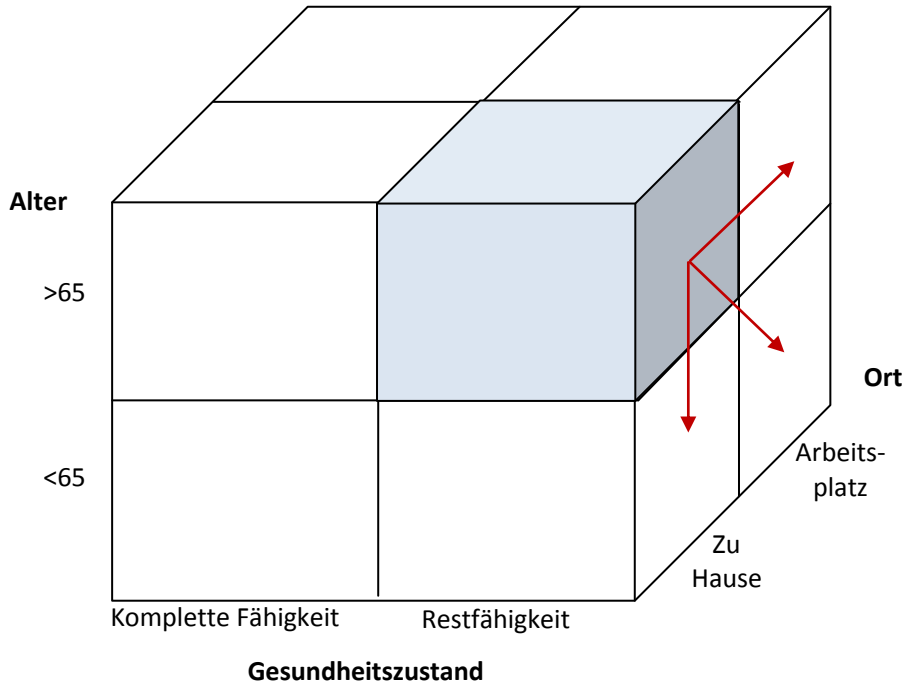



Abbildung 69: Erweiterte Zielgruppe[293]

[293] Eigene Abbildung

## F2.2 Übertragbarkeit auf weitere Branchen

***Medizinische Branche***

Nach dem Stellen der Diagnose brauchen Patienten Vorschläge, die nicht nur medizinische Hilfe, sondern auch Empfehlungen für den Alltag beinhalten, vor allem wenn es um ein Hilfsmittel des alltäglichen Lebens geht. Ergebnisse dieses Modells können als Mittel für Fachleute des medizinischen Bereiches wie Ärzte oder Therapeuten angesehen werden. In der Praxis werden restliche Fähigkeiten der Patienten oder Produktbenutzer als Angabe in das Modell eingegeben. Mittels des Modells wird daraus dann ein benutzerorientiertes Produkt erzeugt. Jede Einzelheit bei der Anwendung dieses Modells wird in der Datenbank dokumentiert, in der die Daten, z. B. zu restlichen Fähigkeiten der Benutzer und entsprechende maßgefertigte Produkte, für medizinische Fachleute zur Verfügung stehen. Nach der Anwendung des Produktes können die Benutzer auch eine Rückmeldung über Erfahrungen bei der Anwendung geben und in der Datenbank speichern. Wenn der Gesundheitszustand eines Patienten mit einem in der Datenbank bereits gespeicherten Fall übereinstimmt, so könnte ein dazugehöriges Produkt vorgeschlagen werden. Der Patient kann dabei von Rückmeldungen vorheriger Benutzer profitieren und Informationen über das Produkt erhalten. Dies ist besonders für den Arzt oder Rehabilitanden bei der Beratung zum alltäglichen Produkt sehr nützlich.

***Architektonische Branche***

Verbesserte Produkte bewirken, dass sich die Umgebung entsprechend den neuen Merkmalen eines Produktes verändert, wie z. B. ein breiterer Raum, ein in der Wand eingeschlossenes Produkt oder die Lieferung einer speziellen Stromspannung. Architekt und Innenarchitekt können bei der Raumgestaltung mögliche Informationen über Produkte erhalten, damit alle Einzelheiten berücksichtigt werden können. Nachfolgende Arbeiten, wie z. B. die Montage des Produktes oder der Leitungen, können dann reibungslos durchgeführt werden.

## F2.3 Übertragbarkeit auf die Arbeitsplatz- und Arbeitsmittelgestaltung

Wegen des demografischen Wandels wird das Rentenalter verschoben, um Erwerbstätige länger am Arbeitsplatz zu halten. Aus diesem Grund sind an ältere Angestellte angepasste Arbeitsplätze und Arbeitsmittel eine dringende Angelegenheit.[294] Alltägliche Tätigkeiten und zugehörige Produkte in der Hierarchieanalyse können nach dem Ort, an dem sich ein Benutzer befindet, umgesetzt werden. Durch den flexiblen Wechsel kann man das Risiko der Produkte/Arbeitsmittel bei der Anwendung in der FMEA analysieren. In diesem Modell kann sowohl der Arbeitsplatz als auch das Arbeitsmittel als Forschungsgegenstand in Betracht gezogen werden, um die Schnittstelle zwischen älteren Angestellten und dem Arbeitssystem verbessern zu können.

[294]Vgl. Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 117.

## F2.4 Übertragbarkeit auf das Projektmanagement

Gemäß der DIN 69901-2 „Projektmanagement – Teil 2: Prozesse, Prozessmodell“ kann man den Prozess des Projektmanagements in fünf Phasen aufteilen: Initialisierung, Definition, Planung, Steuerung und Abschluss. Während des Projektmanagements kann man mittels der „Diagramme der PM-Prozesse“ die Prozesse der Aufgaben in der jeweiligen Projektmanagementphase abbilden.[295] Im Diagramm benutzt man Pfeile, um eine logische Abfolge der Prozesse von Beginn zum Ende eines Projektes darzustellen. Der Output eines vorherigen Prozesses entspricht dem Input des folgenden Prozesses, wie Abbildung 70 zeigt.

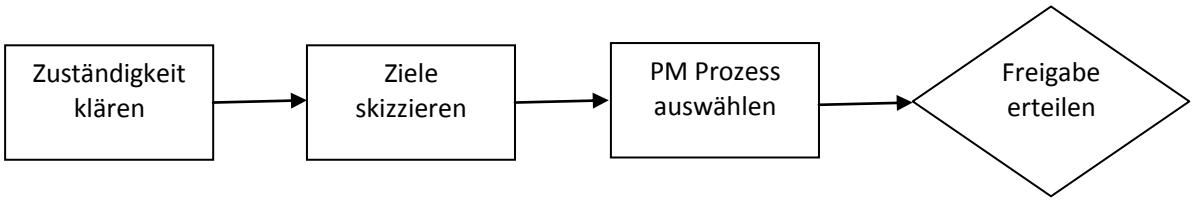



Abbildung 70: Diagramm zur Phase „Initialisierung“ in Anlehnung an DIN 69901-2[296]

Der Informationsfluss zwischen den Methoden in dem vorliegenden Modell führt am Ende auch zu einem vorher gesetzten Ziel. Jede Methode entspricht einer Phase des Projektmanagements und kann in eine dieser Phasen eingeordnet werden, wie Abbildung 71 zeigt. Auf der rechten Seite der Abbildung stehen die Projektphasen. Der Name der jeweiligen Phase des Projektmanagements gemäß der Norm wird hierbei fett dargestellt, darunter steht dann der Zweck der jeweiligen Methode in dem vorliegenden Modell.

Das Modell kann ebenso nach dem Zweck und Ausmaß eines Projekts weiter in den unterschiedlichen Bereichen verwendet werden.

[295] Vgl. Deutsches Institut für Normung (2009b), S. 9.
[296] Vgl. Ebenda, S. 13.

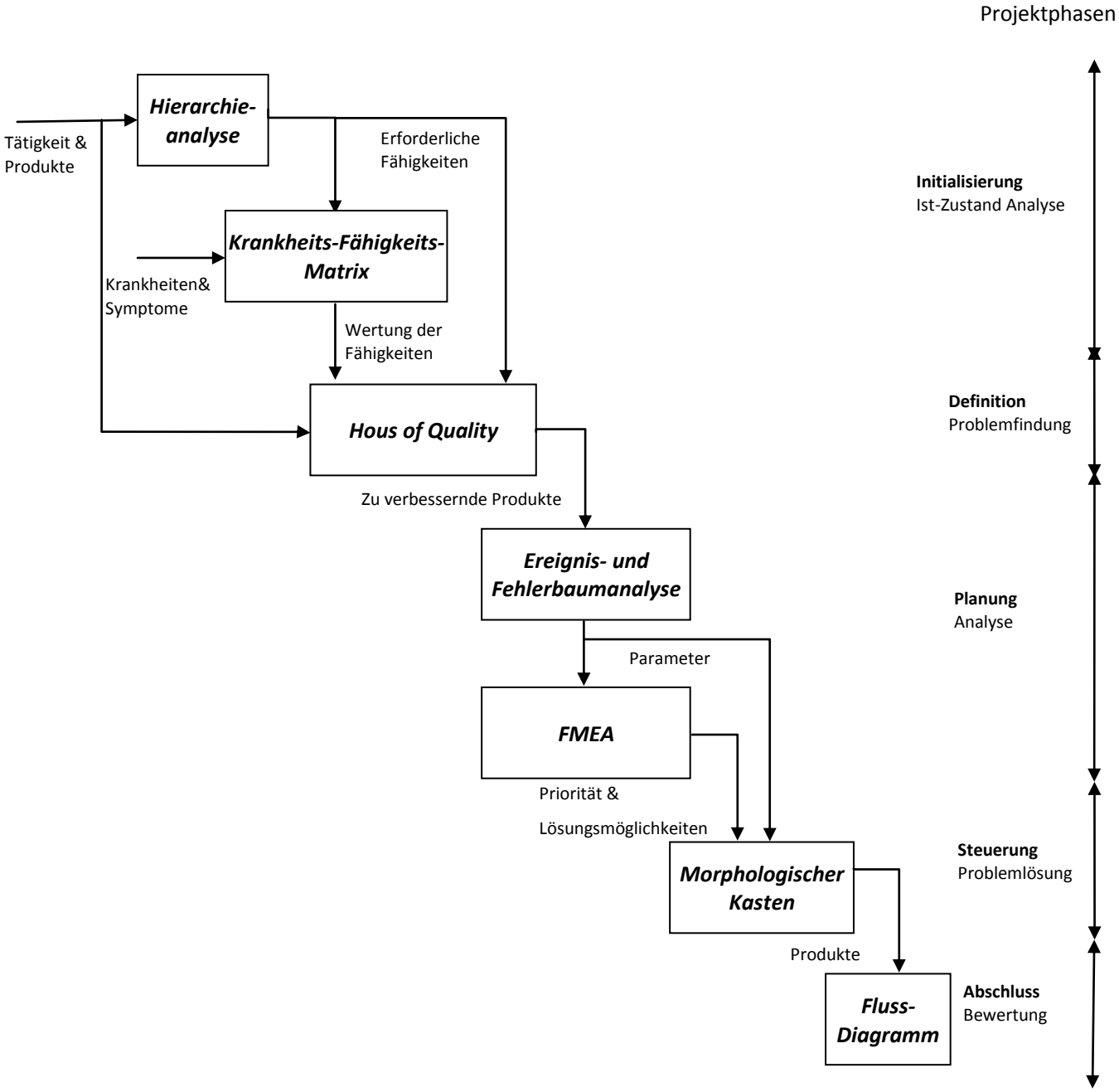



Abbildung 71: Die Methode in dem vorliegenden Modell und Projektphasen des Projektmanagements[297]

[297] Eigene Abbildung.

## F3 Ausblick

Viele Länder müssen sich in den kommenden Jahren mit den Auswirkungen des demografischen Wandels auf verschiedenen Ebenen, wie z. B. der Wirtschaft und Gesellschaft, befassen. Hersteller haben hier Bedarf erkannt und sich verstärkt um die Zielgruppe der älteren Menschen gekümmert. Die Produkte sind heutzutage zwar nach dem Marktsegment für ältere Zielgruppen gestaltet, dennoch stellen manche Produkte ältere Benutzer nicht zufrieden. Viele Produkte für ältere Menschen sind bereits auf dem Markt, jedoch werden sie – meist mangels Vertrauens der älteren Benutzer – nicht angewendet, was dann zu einer verzögerten Anwendung dieser Produkte führt. [298] Der Grund dafür ist, dass es große Unterschiede zwischen Älteren gibt, deswegen können nicht alle Anforderungen der Benutzer zufriedengestellt werden.

Wegen der Unterschiede innerhalb der älteren Zielgruppen empfiehlt es sich, bei der Produktgestaltung nicht nur das Alter zu berücksichtigen, sondern auch weitere Merkmale wie Symptome der Degeneration oder häufige Erkrankungen, um die Zielgruppe weiter zu unterteilen. Auf diese Weise kann ein nutzerorientiertes Produkt für ältere Menschen konkret gestaltet werden.

Durch das in dieser Arbeit entwickelte Modell können Produktgestalter ein nutzerorientiertes Produkt entsprechend dem Gesundheitszustand der Benutzer gestalten. Das Produkt kann dazu beitragen, schwierige Tätigkeiten problemlos zu bewältigen und Unfallrisiken zu minimieren. Mithilfe der verbesserten Produkte können ältere Menschen im Alltag erforderliche Tätigkeiten selbstständig und selbstbewusst bewältigen. Dadurch verringert sich auch der Bedarf an Pflegepersonal und zugehörigen Sozialkosten.

Um die Durchführbarkeit dieses vorläufigen Modells nachzuweisen und Verbesserungsmöglichkeiten zu finden, muss sich das Modell zuerst in der Praxis bewähren. Durch diese künftigen praktischen Erfahrungen wird das Modell gemäß den Vorschlägen während der Durchführung ständig angepasst und auf verschiedene Bereiche wie z. B. den Arbeitsplatz übertragen.

[298] Vgl. Kohlbacher, Florian und Herstatt, Cornelius (Hrsg) (2008), S. 47.

## Zusammenfassung von Teil F

Die Schlussbetrachtung beinhaltet eine Diskussion des entwickelten Modells, der davon ausgehenden Ergebnisse und deren Übertragbarkeit auf andere Bereiche. Abschließend wird die voraussichtliche Anwendung und Entwicklung des Modells erläutert. Um die Zielsetzung der nutzerorientierten Produktentwicklung zu erfüllen, weist dieses entwickelte Modell ein komplettes Analyseverfahren auf, wie z. B. mithilfe einer objektiven und subjektiven Analyse, um individuelle Gesundheitszustände zu erfahren. Durch die Kombination der quantitativen und qualitativen Analyse können die Forschungsergebnisse einen umfassenden Überblick über den Forschungsgegenstand geben.

Die in dieser Arbeit gefundenen drei wesentlichen Faktoren, „Benutzer“, „Tätigkeit“ und „Produkt“, bilden einen entscheidenden Zusammenhang. Dies fördert die Berücksichtigung der Gestaltungsgrundsätze bei nutzerzentrierten Produktentwicklungsprozessen und unterstützt eine weitere Anwendung dieses Modells.

Das Ergebnis dieses Modell bietet eine Vision, die künftig eine Möglichkeit der weiteren Entwicklung sowie eine einfache Anwendbarkeit und Übertragbarkeit umfasst. Die Übertragbarkeit des Modells auf andere Zielgruppen und Branchen ist möglich. Die aus dieser Untersuchung hervorgehenden Produkte können dazu beitragen, schwierige Tätigkeiten in unterschiedlichen Bereichen wie z. B. am Arbeitssystem problemlos zu bewältigen und Unfallrisiken zu minimieren. Das Modell bedarf noch einer Erprobung in der Praxis.

## Glossar

| | |
|---|---|
| Abziehen | Beim Abziehen entfernen sich die Knochen der Extremitäten der Symmetrieebene des Rumpfes. |
| Afferente Nerven | Die entsprechende Nervenleitungsbahn vom peripheren nervösen Empfindungsorgan zum Zentralnervensystem. |
| Alzheimer | Die Alzheimer-Krankheit (AK) ist eine neurodegenerative Erkrankung, die in ihrer häufigsten Form bei Personen über dem 65. Lebensjahr auftritt. Charakteristisch ist eine zunehmende Verschlechterung der kognitiven Leistungsfähigkeit, die in der Regel mit einer Abnahme der täglichen Aktivitäten, mit Verhaltensauffälligkeiten und neuropsychologischen Symptomen einhergeht. |
| Arbeitsgedächtnis | Auch Kurzzeitgedächtnis, kurzfristiges Gedächtnis oder Arbeitsspeicher. Die darin enthaltene Information ist nicht mehr ein subsymbolisches Abbild der Signale. Das Gedächtnis ist zeitlich und im Umfang deutlich beschränkt. |
| Arthrose | Vorwiegend degenerative Gelenkerkrankung verschiedenster Ursachen. |
| Barrierefrei | Eigenschaft eines Produktes, das von möglichst allen Menschen in jedem Alter mit unterschiedlichen Fähigkeiten weitgehend gleichberechtigt und ohne Assistenz bestimmungsgemäß benutzt werden kann. |
| Beugen | Beim Beugen nähern sich die bewegenden Knochen einander. |
| Partizipatorisches Design (participatory design) | Der Benutzer wird als ein Teil des Produktentwicklungsprozesses angesehen. |
| Demenz | Der Verlust erworbener intellektueller Fähigkeiten, v. a. des Gedächtnisses und des normalen Persönlichkeitsniveaus als Folge einer Hirnschädigung. |
| Design für Alle | Konzipierung, Entwicklung und Vermarktung von Produkten, Dienstleistungen, Systemen des täglichen Bedarfs und der gestalteten Umwelt, damit sie für eine größtmögliche Zahl von Nutzern zugänglich und benutzbar sind. |
| Diabetes Typ II | Auch Zuckerkrankheit. Der Typ-II-Diabetes infolge verminderter Insulinwirkung manifestiert sich im Erwachsenenalter. |
| Efferente Nerven | Die entsprechende Nervenleitungsbahn vom Zentralnervensystem zur Peripherie, Muskulatur oder zu den Eingeweiden. |
| Exzentrische Kontraktion | Der Widerstand ist größer als die Spannung im Muskel, dadurch wird der Muskel verlängert (negativ-dynamisch, nachgebend). Es kommt zu Spannungsänderungen und Verlängerung/Dehnung der Muskeln. |
| Gerontologie | Auch Alternsforschung oder Gerontologie. Die auf den Tatsachen der Wandlungen basierende Wissenschaft von Physiologie und Pathologie des alternden Menschen. |

| | |
|---|---|
| Geschmackswahrnehmung | Hauptaufgabe besteht in der Kontrolle aufzunehmender Nahrung und der Steuerung der Nahrungsaufnahme und -verarbeitung, bspw. durch Auslösen des Speichelreflexes. Dazu können die vier Reize süß, salzig, sauer und bitter differenziert werden. |
| Heranziehen | Beim Heranziehen nähern sich die Knochen der Extremitäten der Symmetrieebene des Rumpfes. |
| Isometrische Kontraktion | Ein Muskel führt ausschließlich eine Spannungsänderung durch, jedoch keine Längenänderung. |
| Kinästhetisches Wahrnehmungssystem | Das betrifft die Stellung von Körperteilen und deren Bewegungen. Dazu sind in den Gelenken, Muskeln, Sehnen sowie der Haut und im Vestibulärapparat entsprechende Sensoren vorhanden. |
| Konzentrische Kontraktion | Der Muskel überwindet den Widerstand und wird dadurch kürzer (positiv-dynamisch, überwindend). Dabei ändert sich die intramuskuläre Spannung. |
| Kortex | Die Großhirnrinde, die v. a. bedingt-reflektorische und analysatorische Funktionen ausübt und auf sämtliche Organfunktionen und auf das tiefere Zentralnervensystem einwirkt. |
| Langzeitgedächtnis | Das sog. Altgedächtnis mit der Fähigkeit zu langzeitiger Speicherung und Reproduzierbarkeit von Sinneswahrnehmungen oder psychischen Vorgängen. |
| Mensch-Maschine-Schnittstelle | Abk. MMS; alle Komponenten eines Arbeitssystems zur funktionellen Interaktion zwischen Mensch und technischem System oder speziell zwischen Anwender und Produkt. |
| Motorischer Assoziationskortex | Er liegt im Frontalbereich des Gehirns, wo Informationen aus anderen Rindenfeldern und dem limbischen System zusammenlaufen. Efferente Verbindungen hat der motorische Assoziationskortex zum Striatum und dem Kleinhirn. |
| Nutzungskontext | Benutzer, Arbeitsaufgaben, Ausrüstung (Hardware, Software und Materialien) sowie die physische und soziale Umgebung, in der das Produkt genutzt wird. |
| Olfaktorisches Wahrnehmungssystem | Der Geruchssinn ist in der Lage, mehrere Tausend Reizquellen (Gerüche) voneinander zu unterscheiden und zu klassifizieren. Der Geruch führt im hohen Maße zu einer emotionalen Bewertung einer Umgebung. |
| Partizipationsstörung | Partizipationsstörung bezieht sich darauf, dass eine Person einen Mangel an intellektueller Stimulation und sensorischer Aufnahme mit der Folge eines graduellen Verlustes kognitiver Fähigkeiten wie Gedächtnis oder Orientierung erleidet. Diese führen dann gegebenenfalls dazu, dass die Person für längere Zeit in relativer Isolation gelassen wird. |
| Prämotorischer Kortex | Ein Areal des sekundären motorischen Kortex, der Inputs vom Assoziationskortex empfängt und Outputs zum primären motorischen Kortex sendet. |

| | |
|---|---|
| Primär-somatosensorischer Kortex | Er dient der zentralen Verarbeitung der haptischen Wahrnehmung. Die Informationen stammen entweder aus Rezeptoren der Haut, die dort vielfältige Umweltreize aufnehmen (Exterozeptor) oder ermöglichen durch Rezeptoren im Inneren des Körpers seine Eigenwahrnehmung (Propriozeption). |
| Primär-visueller Kortex | Ein Teil des visuellen Kortexes. Er zählt zum visuellen System, welches wiederum die visuelle Wahrnehmung ermöglicht. |
| Pronation (Innerdrehung) | Pronation ist die Drehbewegung des Unterarms ("Einwärtsdrehung"), durch welche die Daumenseite nach medial und der Handrücken nach vorne gedreht wird. |
| Prototyp | Die Darstellung der Gesamtheit oder eines Teils eines Produkts oder Systems, welche, gegebenenfalls mit Einschränkung, für eine Beurteilung verwendet werden kann. |
| Schmerzwahrnehmung | Schmerz wird meistens indirekt über sich im Gewebe anhäufende Schmerzmediatoren hervorgerufen, welche die freien Nervenenden reizen. |
| Sichtung | Auch Triage. Die Sichtung dient bei Massenkatastrophen der Beurteilung der Dringlichkeit ihrer Versorgung. Sie richtet sich nach der Anzahl der Verletzten, dem Schweregrad und der Art der Verletzungen. |
| Strecken | Beim Strecken entfernen sich die bewegenden Knochen voneinander. |
| Supination (Außendrehung) | Supination ist die Drehbewegung des Unterarms ("Auswärtsdrehung"), durch welche die Daumenseite nach lateral und der Handrücken nach hinten gedreht wird. |
| Taktiles Wahrnehmungssystem | Auch der Tastsinn. Die Hautsinnesorgane vermitteln durch das Erkennen von Druck, Berührung und Vibrationen einen plastischen Eindruck von der Beschaffenheit von Objekten. |
| Thermisches Wahrnehmungssystem | Den Temperatursinn kann man in einen Kälte- und einen Wärmesinn unterteilen. Diesen beiden Sinnen stehen eigene Kälte- bzw. Wärmesensoren in der Haut zur Verfügung |
| Vestibuläres Wahrnehmungssystem | Das Vestibulärsystem ermöglicht uns die Orientierung im Raum, löst u.a. die Stellreflexe zur Normalhaltung des Kopfs und der Augen aus und liefert die zur Erhaltung des Gleichgewichts notwendige Information. |
| Visuelles Wahrnehmungssystem | Ein Sinnesorgan, dessen Funktion zur sichere Erkennung von Schriftzeichen, Symbolen, Zahlen, Zeigern, Graphiken o.ä. in der Umgebung dient. |
| Zentralnervensystem | Abk. ZNS; ein Teil des Nervensystems, der sich im Schädel und der Wirbelsäule befindet, bestehend aus zwei Teilen: dem Gehirn und dem Rückenmark. |

## Literaturverzeichnis

**Baltes, Paul B. und Smith, Jacqui (1997**): A Systemic–Wholistic View of Psychological Functioning in Very Old Age: Introduction to A Collection of Articles From The Berlin Aging Study, *Psychology and Aging*, Band 12, Ausgabe 3, S. 395-409.

**Barter, James; Emanuel, Irvin und Truett Bruce (1957**): A Statistical Evaluation of Joint Range Data, Wright Air Development Center, Ohio, USA, Wright-Patterson Air Force Base-Eigenverlag.

**Bertsche, Bernd und Verein Deutscher Ingenieure (2008**): Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

**Birbaumer, Niels und Schmidt, Robert F. (2006**): Biologische Psychologie, Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

**Bouchereau, Vivianne und Rowlands, Hefin (2000**): Methods and Techniques to Help Quality Function Deployment (QFD), *Benchmarking: An International Journal*, Band 7, Ausgabe 1, S. 8-20.

**Bullinger, Hans-Jörg (1994**): Ergonomie: Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung, Stuttgart: Teubner Verlag.

**Bullinger, Hans-Jörg; Spath, Dieter; Warnecke, Hans-Jürgen und Westkämper, Engelbert (2009**): Handbuch Unternehmensorganisation: Strategien, Planung, Umsetzung, Heidelberg: Springer Verlag.

**Burk, Peter (2009**): Altersgerecht umbauen, Berlin: Stiftung Warentest-Eigenverlag.

**Chaffin, Don B.; Andersson, Gunnar B. J. und Martin, Bernard J. (2006**): Occupational Biomechanics, Hoboken, New Jersey: Wiley-Interscience Verlag.

**Corlett, E. N. ; Madeley, S. J. und Manenica, I. (1979**): Posture Targeting: A Technique for Recording Working Postures, *Ergonomics*, Band 22, Ausgabe 3, S. 357-366.

**Crews, Douglas E. und Zavotka, Susan (2006**): Aging, Disability, and Frailty: Implications for Universal Design, *Journal of Physiological Anthropology*, Band 25, Ausgabe 1, S. 113-118.

**Deutsches Institut für Normung (1983**): DIN 66001 Sinnbilder und ihre Anwendung, Berlin: Beuth.

**Deutsches Institut für Normung (1993**): DIN 2330 Begriffe und Benennungen, Berlin: Beuth.

**Deutsches Institut für Normung (1999**): DIN ISO 9241-11 Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten Teil 11:Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit-Leitsätze, Berlin: Beuth.

**Deutsches Institut für Normung (2000**): DIN ISO 13407 Benutzerorientierte Gestaltung interaktiver Systeme, Berlin: Beuth.

**Deutsches Institut für Normung (2004**): DIN EN 60447 Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle, Kennzeichnung- Bedienungsgrundsätze, Berlin: Beuth.

**Deutsches Institut für Normung (2005a**): DIN EN 60601-1-6 Medizinische elektrische Geräte-Teil 1-6: Allgemeine Festlegungen für die Sicherheit- Ergänzungsnorm: Gebrauchstauglichkeit,

Berlin: Beuth.

**Deutsches Institut für Normung (2005b)**: DIN EN ISO 9000- Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe, Berlin: Beuth.

**Deutsches Institut für Normung (2006)**: DIN EN 60812 Analysetechniken für die Funktionsfähigkeit von Systemen- Verfahren für die Fehlzustandsart- und –auswirkungsanalyse (FMEA), Berlin: Beuth.

**Deutsches Institut für Normung (2009a)**: DIN EN ISO 9241-129 Ergonomie der Mensch-System-Interaktion- Teil 129: Leitlinien für die Individualisierung von User Interfaces, Berlin: Beuth.

**Deutsches Institut für Normung (2009b)**: DIN 69901-2 Projektmanagement – Projektmanagementsysteme –Teil 2: Prozesse, Prozessmodell, Berlin: Beuth.

**Die Online-Datenbank der Gesundheitsberichterstattung**: Die Gesundheitsberichterstattung des Bundes. URL: http://www.gbe-bund.de/. Zuletzt geprüft am 16.12.2010.

**Dunlop, D D; Hughes, S L und Manheim, L M (1997)**: Disability in Activities of Daily Living: Patterns of Change and A Hierarchy of Disability, *Am J Public Health*, Band 87, Ausgabe 3, S. 378-383.

**Europe Alzheimer; Braas, Dianne und Kurz, Alexander (2005)**: Handbuch der Betreuung und Pflege von Alzheimer-Patienten, Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.

**Fried, L P; Freedman, M; Endres, T E und Wasik, B (1997)**: Building Communities That Promote Successful Aging, *Western Journal of Medicine*, Band 167, Ausgabe 4, S. 216-219.

**Fukuda, Shuichi und Matsuura, Yoshifusa (1993)**: Prioritizing the Customer's Requirements by AHP for Concurrent Design, *ASME(American Society of Mechanical Engineers) Design Engineering Division Publication*, Band vol. 52, S. 13-19.

**Fung, R.T.K. und Popplewell, K. (1995)**: The Analysis of Customer Requirements for Effective Rationalization of Product Attributes in Manufacturing, *Proceedings of 3rd International Conference on Manufacturing Technology*, S. 287-296.

**Gaßner, Katrin und Conrad, Michael (2010)**: ICT Enabled Independent Living for Elderly- A Status-Quo Analysis on Products and The Research Landscape in The Field of Ambient Assisted Living (AAL) In EU-27, Berlin: Institute for Innovation and Technology- Eigenverlag.

**GENESIS-Online Datenbank**: Statistisches Bundesamt. URL: https://www-genesis.destatis.de/genesis/online. Zuletzt geprüft am 15.12.2010.

**Gitlin, Laura N; Miller, Kathleen Swenson und Boyce, Alice (1999)**: Bathroom Modifications for Frail Elderly Renters: Outcomes of A Community-Based Program, *Technology and Disability*, Band Volume 10, Ausgabe Number 3, S. 141-149.

**Gould, John D. und Lewis, Clayton (1985)**: Designing for Usability: Key Principles and What Designers Think, *Communications of the ACM*, Band 28, Ausgabe 3, S. 300-311.

**Govers, C.P.M. (1996)**: What and How About Quality Function Deployment (QFD), *International Journal of Production Economics*, Band 46-47, S. 575-585.

**Haberfellner, Reinhard und Daenzer, Walter F. (1994)**: Systems Engineering: Methodik und Praxis, Zürich: Verlag Industrielle Organisation.

**Hackmann, Tobias (2008**): Pflege im Spannungsfeld von Angebot und Nachfrage, Forschungszentrum Generationenverträge, Freiburg, Albert-Ludwigs-Universität- Eigenverlag.

**Hackmann, Tobias (2010**): Arbeitsmarkt Pflege: Bestimmung der künftigen Altenpflegekräfte unter Berücksichtigung der Berufsverweildauer, *Sozialer Fortschritt*, Band 59, Ausgabe 9, S. 235-244.

**Haklay, Mordechai (Muki) (2010**): Interacting with Geospatial Technologies, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Ltd.

**Harding, J. A.; Popplewell, K.; Fung, R. Y. K., und Omar, A. R. (2001**): An Intelligent Information Framework Relating Customer Requirements and Product Characteristics, *Computers in Industry*, Band 44, Ausgabe 1, S. 51-65.

**Hazzard, William; Blass, John P. ; Halter, Jeffrey B. und Tinetti, Mary (2003**): Principles of Geriatric Medicine and Gerontology, New York: McGraw-Hill Professional Verlag.

**Hendrick, Hal W. und Kleiner, Brian M. (2001**): Macroergonomics: An Introduction to Work System Design, Santa Monica, CA: HFES Verlag.

**Herrmann, Joachim und Fritz, Holger (2011**): Qualitätsmanagement - Ein Lehrbuch für Studium und Praxis, München: Carl Hanser Verlag GmbH & CO. KG.

**Hillmert, Steffen (2009**): Lehrbuch der Bildungssoziologie- Bildung und Lebensverlauf – Bildung im Lebensverlauf, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

**Internationale Organisation für Normung (2010**): ISO 9241-210:2010 Ergonomics of Human-System Interaction – Part 210: Human-Centred Design for Interactive Systems.

**Jiao, Jianxin (Roger) und Chen, Chun-Hsien (2006**): Customer Requirement Management in Product Development: A Review of Research Issues, *Concurrent Engineering*, Band 14, Ausgabe 3, S. 173 -185.

**Kamiske, Gerd F. und Brauer, Jörg-Peter (2007**): Qualitätsmanagement von A bis Z: Erläuterungen moderner Begriffe des Qualitätsmanagements, München: Hanser Verlag.

**Kane, Robert L.; Ouslander, Joseph G. und Abrass, Itamar B. (2004**): Essentials of Clinical Geriatrics, New York: McGraw-Hill Professional Verlag.

**Kelle, Udo (2007**): Die Integration qualitativer und quantitativer Methoden in der empirischen Sozialforschung. Theoretische Grundlagen und methodologische Konzepte, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

**Khoo, Li Pheng; Chen, Chun-Hsien und Yan, Wei (2002**): An Investigation on A Prototype Customer-Oriented Information System for Product Concept Development, *Computers in Industry*, Band 49, Ausgabe 2, S. 157-174.

**Kimpeler, Simone; Baier, Elisabeth und Mollenkopf, Heidrun (2006**): IT-basierte Produkte und Dienste für ältere Menschen - Nutzeranforderungen und Techniktrends- Techniknutzung als Lebensstil?, Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung- Eigenverlag.

**Kira, Alexander (1977**): The Bathroom, New York: Bantam Book Verlag.

**Kirwan, B. und Ainsworth, L. K.(hrsg) (1992**): A Guide to Task Analysis: The Task Analysis Working Group, Philadelphia, PA, US: Taylor & Francis Verlag.

**Kohlbacher, Florian und Herstatt, Cornelius(hrsg) (2008**): The Silver Market Phenomenon, Berlin,

Heidelberg: Springer Verlag.

**Kruse, Andreas (2004)**: Enzyklopädie der Gerontologie: Alternsprozesse in multidisziplinärer Sicht, Bern: Huber Verlag.

**LeDoux, Joseph E. (1995)**: Emotion: Clues from the Brain, *Annual Review of Psychology*, Band 46, 01.1995, S. 209-235.

**Leidner, Rüdiger; Neumann, Peter und Rebstock Markus (2006)**: Leben ohne Barrieren, EUROPA kommunal- Eigenverlag.

**Lindsay, Peter H. und Norman, Donald A. (1972)**: Human Information Processing: An Introduction to Psychology, New York: Acad. Press.

**Luczak, Holger (1998)**: Arbeitswissenschaft, Berlin: Springer Verlag.

**MacCormick, Ernest J. und Sanders, Mark S. (1993)**: Human Factors in Engineering and Design, New York, England: McGraw-Hill Verlag.

**McAtamney, Lynn und Nigel Corlett, E. (1993)**: RULA: A Survey Method for The Investigation of Work-Related Upper Limb Disorders, *Applied Ergonomics*, Band 24, Ausgabe 2, S. 91-99.

**Mertens, P.; Russell, S. und S. I. (2008)**: The Silver Market Phenomenon- Silver Markets and Business Customers: Opportunities for Industrial Markets?, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

**Miller, Mark D.; Paradis, Cynthia F.; Houck, Patricia R.; Mazumdar, Sati; Stack, Jacqueline A.; Rifai, A. Hind; Mulsant, Benoit und Reynolds, Charles F. (1992)**: Rating Chronic Medical Illness Burden in Geropsychiatric Practice and Research: Application of The Cumulative Illness Rating Scale, *Psychiatry Research*, Band 41, Ausgabe 3, S. 237-248.

**Mollenkopf, Heidrun; Meyer, Sibylle; Schulze, Eva; Wurm, Susanne und Friesdorf, Wolfgang (2000)**: Technik im Haushalt zur Unterstützung einer selbstbestimmten Lebensführung im Alter. Das Forschungsprojekt „sentha" und erste Ergebnisse des Sozialwissenschaftlichen Teilprojekts, *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, Band 33, Ausgabe 3, S. 155-168.

**Müsseler, Jochen (2007)**: Allgemeine Psychologie, Berlin, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

**Nabitz, Udo; Klazinga, Niek und Walburg, Jan (2000)**: The EFQM Excellence Model: European and Dutch Experiences with The EFQM Approach in Health Care, *International Journal for Quality in Health Care*, Band 12, Ausgabe 3, S. 191 -202.

**Naefe, Paul (2009)**: Einführung in das Methodische Konstruieren für Studium und Praxis mit 107 Abbildungen und 30 Tabellen, Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.

**Nelson, Eugene; Wasson, John; Kirk, Adam; Clark, Donald; Dietrich, Allen; Stewart, Anita und Zubkoff Michael (1987)**: Assessment of Function in Routine Clinical Practice: Description of The Coop Chart Method and Preliminary Findings, *Journal of Chronic Diseases*, Band 40, Ausgabe Supplement 1, S. 55S-63S.

**Norman, Donald A. (1990)**: The Design of Everyday Things, London, England: The MIT Press Verlag.

**Pahl, Gerhard; Beitz, Wolfgang; Feldhusen, Jörg und Grote, K -H (2007)**: Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung Methoden und Anwendung, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

**Papanas, Nikolaos und Maltezos, Efstratios (2009**): The Diabetic Hand: A Forgotten Complication?, *Journal of Diabetes and its Complications*, Band 24, Ausgabe 3, S. 154-162.

**Parkerson, George R.; Bridges-Webb, Charles; Gervas, Juan; Hofmans-Okkes, Inge; Lamberts, Henk; Froom, Jack; Fischer, Gisela; Meyboom-de Jong, Betty; Bentsen, Bent; Klinkman Mike und de Maeseneer, Jan (1996**): Classification of Severity of Health Problems in Family/General Practice: An International Field Trial, *Family Practice*, Band 13, Ausgabe 3, S. 303 -309.

**Pinel, John (2007**): Biopsychology, München: Person Studium Verlag.

**Rashid, SHSA und Ahmad, Nobaya (2005**): Planning for Ageing in Place: Towards An Ergonomically Designed Home Environment for Older Malaysians, *8th International Conference of the ASSIAN Planning Schools Association 11-14th*, S. 1-12.

**Rashid, SHSA; Hussain, MR und Yusuff, RM (2008**): Designing Homes for The Elderly Based on The Anthropometry of Older Malaysians, *Asian Journal of Gerontology and Geriatrics*, Band 3, Ausgabe 3, S. 75-83.

**Reinicke, Tarama; Blessing, Lucienne; Friesdorf , Wolfgang und Mayer Doris (2006**): Sentha-Seniorengerechte Technik im häuslichen Alltag, Berlin: Springer Verlag.

**Restrepo, Adriana und RN, MSN (1999**): The Katz Activities of Daily Living Scale, *American Journal of Nursing*, Band 99, Ausgabe 1, 1999, S. 24BB-24DD.

**Schlick, Christopher M.; Luczak , Holger und Bruder Ralph (2009**): Arbeitswissenschaft, Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer Verlag.

**Schmidtke, Heinz (1993**): Ergonomie, Müchen; Wien: Hanser Verlag.

**Schönpflug, Wolfgang und Schönpflug, Ute (1995**): Psychologie, Weinheim: Psychologie Verlags Union.

**Schuntermann, Michael F. (1999**): Behinderung und Rehabilitation:Die Konzepte der WHO und des deutschen Sozialrechts, Zeitschrift für Theorie und Praxis der pädagogischen Rehabilitation, Band 44, Ausgabe 5, 1999, S. 342-363.

**Seibert, Siegfried (1998**): Technisches Management: Innovationsmanagement, Projektmanagement, Qualitätsmanagement, Stuttgart: Teubner Verlag.

**Shneiderman, Ben; Plaisant Catherine; Cohen Maxine und Jacobs Steven (2009**): Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction, Boston, Munich: Pearson Addison-Wesley Verlag.

**Stanton, Neville A. (2006**): Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering and Design, Aldershot, England: Ashgate Verlag.

**Steinweg, K K (1997**): The Changing Approach to Falls in The Elderly, *American Family Physician*, Band 56, Ausgabe 7, S. 1815-1823.

**Tesch-Römer, Clemens und Wurm, Susanne (2009**): Gesundheit und Krankheit im Alter- Wer ist die Alten? Theoretische Positionen zum Alter und Altern – Gesundheit und Krankheit im Alter, Gesundheitsberichterstattung des Bundes.

**The Futures Group (1994**): Relevance Tree and Morphological Analyse, AC/UNU Millennium Project.

**The International Data Base**: The U.S. Census Bureau. URL: http://www.census.gov/population/international/data/idb/informationGateway.php. Zuletzt geprüft am 08.01.2011.

**Vas, Chicot J.; Rajkumar, S.; Tanyakitpisal, Panas und Chandra, Vijay (2001)**: Alzheimer's Disease: The BrainKiller, World Health Organization, Regional Office for South-East Asia.

**Wahl, Hans-Werner und Kruse, Andreas (2009)**: Zukunft Altern: Individuelle und gesellschaftliche Weichenstellungen, Heidelberg: Springer Verlag.

**Wang, Liang; Hu, Weiming und Tan, Tieniu (2003)**: Recent Developments in Human Motion Analysis, *Pattern Recognition*, Band 36, Ausgabe 3, S. 585-601.

**Ware, John E. und Sherbourne, Cathy Donald (1992)**: The MOS 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36): I. Conceptual Framework and Item Selection, *Medical Care*, Band 30, Ausgabe 6, S. 473-483.

**Weidringer, Johann Wilhelm (2010)**: Katastrophenmedizin: Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe.

**WHO (2004)**: The global burden of disease: 2004 update. URL: http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/2004_report_update/en/index.html. Zuletzt geprüft am 15.12.2010.

**WHO (2006)**: Definition and Diagnosis of Diabetes Mellitus and Intermediate Hyperglycaemia, World Health Organization- Eigenverlag.

**Wickens, Christopher D. und Hollands, Justin G. (2000)**: Engineering Psychology and Human Performance, New Jersey: Prentice-Hall Inc Verlag.

**Wickens, Christopher D.; Lee, John; Liu, Yili und Gordon Becker, Sallie (2004)**: Introduction to Human Factors Engineering, Upper Saddle River: Pearson/Prentice Hall Verlag.

**Wongrassamee, S.; Simmons, J.E.L. und Gardiner, P.D. (2003)**: Performance Measurement Tools: The Balanced Scorecard and The EFQM Excellence Model, *Measuring Business Excellence*, Band 7, Ausgabe 1, S. 14-29.

**Zwicky, Fritz (1989)**: Entdecken, Erfinden, Forschen im morphologischen Weltbild, München. Zürich: Baeschlin Verlag.

# Anhang

## Anhang C2.2.1 Die internationale Klassifikation der Krankheiten

Die ICD-10 ist ein einachsiges und monohierarchisches Klassifikationssystem. Die Notation ist alphanumerisch. Die erste Stelle ist ein Buchstabe, die Stellen zwei bis fünf enthalten Ziffern, die vierte Stelle ist durch einen Punkt abgetrennt. ICD-10 enthält 21 Krankheitskapitel (Tabelle 63), darunter teilt sie sich weiter in 261 Krankheitsgruppen, z. B. I00–I02: Akut rheumatisches Fieber, eine Gruppe von Kapitel I: Bestimmte infektiöse und parasitäre Krankheiten (Anhang C2.2.2, Tabelle 64).

| Kapitel | Notation | Bezeichnung |
|---|---|---|
| I | A00 – B99 | Bestimmte infektiöse und parasitäre Krankheiten |
| II | C00 – D48 | Neubildungen (beispielsweise Tumore u.Ä.) |
| III | D50 – D89 | Krankheiten des Blutes und der blutbildenden Organe sowie bestimmte Störungen mit Beteiligung des Immunsystems |
| IV | E00 – E90 | Endokrine, Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten |
| V | F00 – F99 | Psychische und Verhaltensstörungen |
| VI | G00 – G99 | Krankheiten des Nervensystems |
| VII | H00 – H59 | Krankheiten des Auges und der Augenanhangsgebilde |
| VIII | H60 – H95 | Krankheiten des Ohres und des Warzenfortsatzes |
| IX | I00 – I99 | Krankheiten des Kreislaufsystems |
| X | J00 – J99 | Krankheiten des Atmungssystems |
| XI | K00 – K93 | Krankheiten des Verdauungssystems |
| XII | L00 – L99 | Krankheiten der Haut und der Unterhaut |
| XIII | M00 – M99 | Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems und des Bindegewebes |
| XIV | N00 – N99 | Krankheiten des Urogenitalsystems |
| XV | O00 – O99 | Schwangerschaft, Geburt und Wochenbett |
| XVI | P00 – P96 | Bestimmte Zustände, die ihren Ursprung in der Perinatalperiode haben |
| XVII | Q00 – Q99 | Angeborene Fehlbildungen, Deformitäten und Chromosomenanomalien |
| XVIII | R00 – R99 | Symptome und abnorme klinische und Laborbefunde, die anderenorts nicht klassifiziert sind |
| XIX | S00 – T98 | Verletzungen, Vergiftungen und bestimmte andere Folgen äußerer Ursachen |
| XX | V01 – Y98 | Äußere Ursachen von Morbidität und Mortalität |
| XXI | Z00 – Z99 | Faktoren, die den Gesundheitszustand beeinflussen und zur Inanspruchnahme des Gesundheitswesens führen |
| XXII | U00 – U99 | Schlüsselnummern für besondere Zwecke |

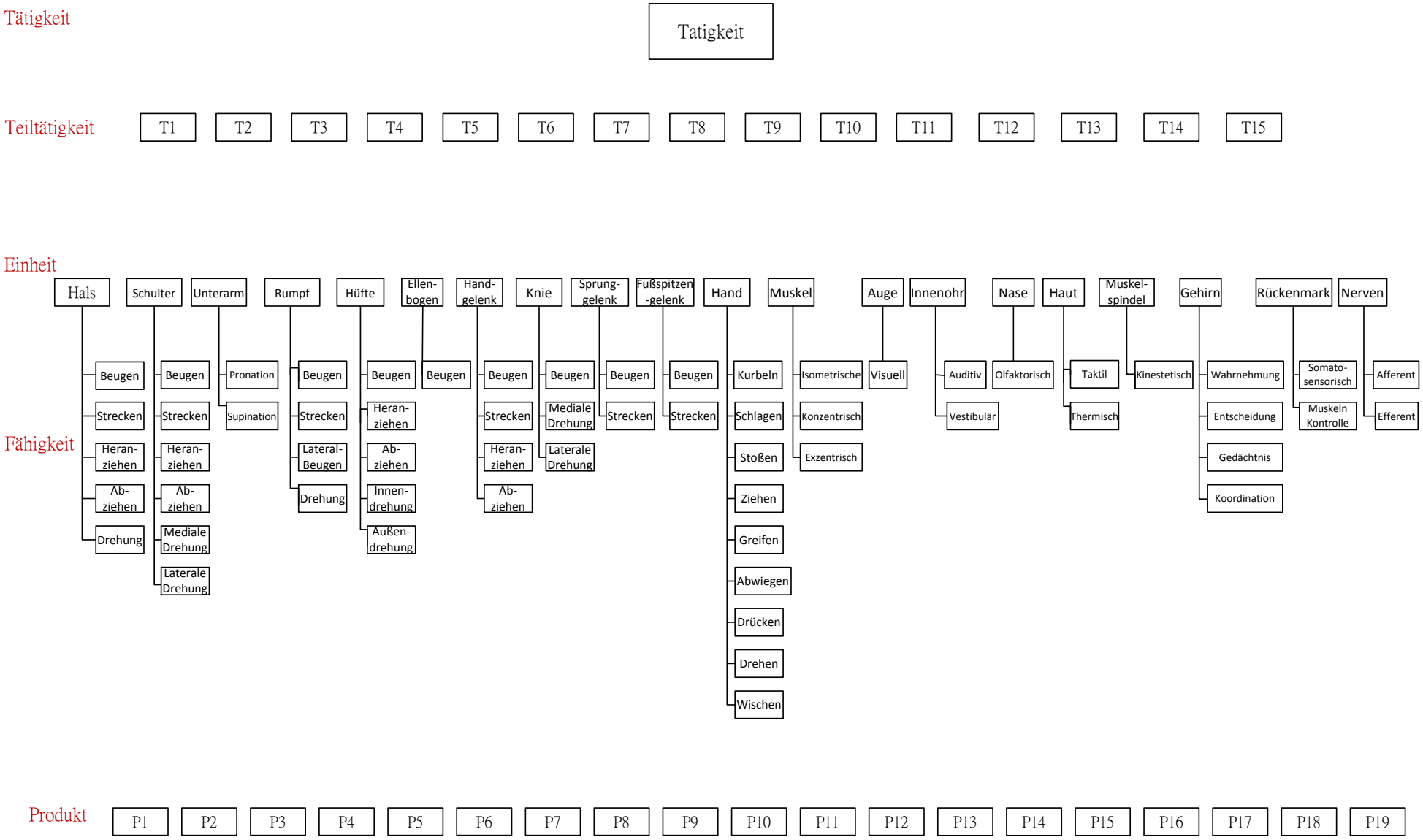
Tabelle 63 Krankheitskapitele von der internationale Klassifikation der Krankheiten (ICD-10)

## Anhang C2.2.2 Krankheiten des Kreislaufsystems

| Chapter | Block | Krankheitsgruppen | |
|---|---|---|---|
| I00-I99 | Diseases of the circulatory system | | |
| | I00-I02 | Acute rheumatic fever | |
| | | I00 | Rheumatic fever without mention of heart involvement |
| | | I01 | Rheumatic fever with heart involvement |
| | | I02 | Rheumatic chorea |
| | I05-I09 | Chronic rheumatic heart diseases | |
| | | I05 | Rheumatic mitral valve diseases |
| | | I06 | Rheumatic aortic valve diseases |
| | | I07 | Rheumatic tricuspid valve diseases |
| | | I08 | Multiple valve diseases |
| | | I09 | Other rheumatic heart diseases |
| | I10-I15 | Hypertensive diseases | |
| | | I10 | Essential (primary) hypertension |
| | | I11 | Hypertensive heart disease |
| | | I12 | Hypertensive renal disease |
| | | I13 | Hypertensive heart and renal disease |
| | | I15 | Secondary hypertension |
| | I20-I25 | Ischaemic heart diseases | |
| | | I20 | Angina pectoris |
| | | I21 | Acute myocardial infarction |
| | | I22 | Subsequent myocardial infarction |
| | | I23 | Certain current complications following acute myocardial infarction |
| | | I24 | Other acute ischaemic heart diseases |
| | | I25 | Chronic ischaemic heart disease |
| | I26-I28 | Pulmonary heart disease and diseases of pulmonary circulation | |
| | | I26 | Pulmonary embolism |
| | | I27 | Other pulmonary heart diseases |
| | | I28 | Other diseases of pulmonary vessels |

Tabelle 64 Hierarchische Struktur der internationalen Klassifikation der Krankheiten am Beispiel von Krankheiten des Kreislaufsystems (I00-I99)

## Anhang D1.1.1 Fähigkeiten zur Erledigung einer Tätigkeit in einem hierarchischen Aufbau



## Anhang D2.2.1 Leitlinie mit einer Hauptmerkmalliste

| Hauptmerkmal | Beispiele |
|---|---|
| Geometrie | Größe, Höhe, Breite, Länge, Durchmesser, Raumbedarf, Anzahl, Anordnung, Anschluss, Ausbau und Erweiterung |
| Kinematik | Bewegungsart, Bewegungsrichtung, Geschwindigkeit, Beschleunigung |
| Kräfte | Kraftgröße, Kraftrichtung, Krafthäufigkeit, Gewicht, Last, Verformung, Steifigkeit, Federeigenschaften, Stabilität, Resonanzen |
| Energie | Leistung, Wirkungsgrad, Verlust, Reibung, Ventilation, Zustandsgrößen wie Druck, Temperatur, Feuchtigkeit, Erwärmung, Kühlung, Anschlussenergie, Speicherung, Arbeitsaufnahme, Energieumformung |
| Stoff | Physikalische und chemische Eigenschaften des Eingangs- und Ausgangsprodukts, Hilfsstoffe, vorgeschriebene Werkstoffe (Nahrungsmittelgesetz u. ä.), Materialfluss und -transport |
| Signal | Eingangs- und Ausgangssignale, Anzeigeart, Betriebs- und Überwachungsgeräte, Signalform |
| Sicherheit | Unmittelbare Sicherheitstechnik, Schutzsysteme, Betriebs-, Arbeits- und Umweltsicherheit |
| Ergonomie | Mensch-Maschine-Beziehung: Bedienung, Bedienungsart, Übersichtlichkeit, Beleuchtung, Formgestaltung |
| Fertigung | Einschränkung durch Produktionsstätte, größte herstellbare Abmessung, bevorzugtes Fertigungsverfahren, Fertigungsmittel, mögliche Qualität und Toleranzen |
| Kontrolle | Mess- und Prüfmöglichkeit, besondere Vorschriften (TÜV, ASME, DIN, ISO, AD-Merkblätter) |
| Montage | Besondere Montagevorschriften, Zusammenbau, Einbau, Baustellenmontage, Fundamentierung |
| Transport | Begrenzung durch Hebezeuge, Bahnprofil, Transportwege nach Größe und Gewicht, Versandart und -bedingungen |
| Gebrauch | Geräuscharmut, Verschleißrate, Anwendung und Absatzgebiet, Einsatzort (z. B. schwefelige Atmosphäre, Tropen,...) |
| Instandhaltung | Wartungsfreiheit bzw. Anzahl und Zeitbedarf der Wartung, Inspektion, Austausch und Instandsetzung, Anstrich, Säuberung |
| Recycling | Wiederverwendung, Wiederverwertung, Entsorgung, Endlagerung, Beseitigung |
| Kosten | Max. zulässige Herstellkosten, Werkzeugkosten, Investition und Amortisation |
| Termin | Ende der Entwicklung, Netzplan für Zwischenschritte, Lieferzeit |

Tabelle 65 Leitlinie mit Hauptmerkmallisten nach Pahl u. a.

## Anhang D2.2.2 Einbußgrößen zur Gestaltung von Hand- und Arbeitsseiten bei Arbeitsmitteln

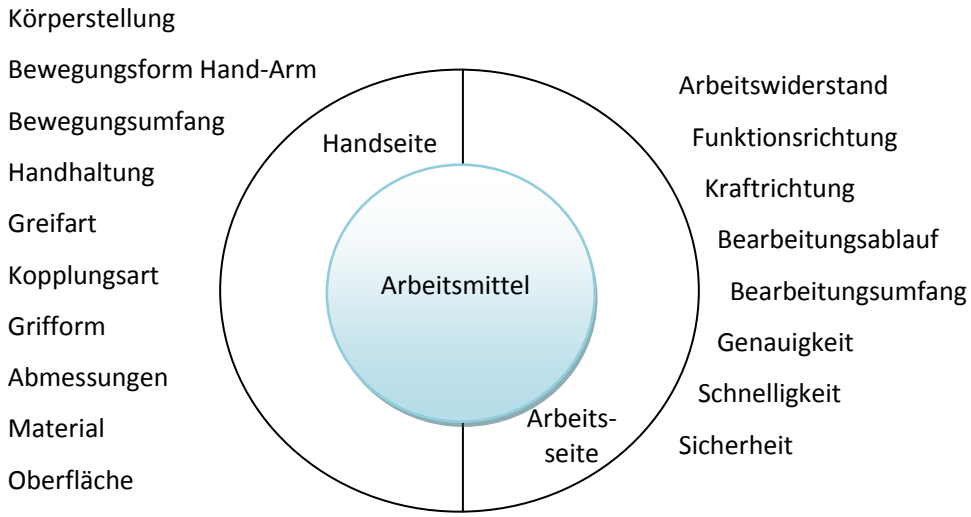



Abbildung 72: Gestaltung von Hand- und Arbeitsseiten bei Arbeitsmitteln nach Bullinger

## Anhang D2.2.3 Zusammenfassung der Hand- und Arbeitsseite der Bearbeitungsebenen

Die im Buch *Ergonomie- Produkt und Arbeitsplatzgestaltung* festgelegten Merkmalsarten und Merkmale auf den Ebenen von den Hand- und Arbeitsseite sind in Tabelle 66 dargestellt.

| Merkmalsarten | Merkmale | Merkmalarten | Merkmale |
|---|---|---|---|
| Greifart | Kontaktgriff | Handbetätigte Stellteile | Erreichbarkeit der Stellteile |
| | Zufassungsgriff | | Behinderungen beim Zugriff |
| | Umfassungsgriff | | Notwendige Kraftübertragung |
| Kopplungsart | Formschluss | | Häufigkeit der Bedienung |
| | Reibschluss | | Hand-Arm-System |
| Körperhaltung | Stehen | | Ein- oder beidhändige Bedienung |
| | Sitzen | | Belastung durch statische Halte und Haltungsarbeit |
| | Liegen | | Belastung durch dynamische Muskelarbeit |
| | Knien | | Notwendige Stellgenauigkeit |
| | Hocken | | Notwendige Stellgeschwindigkeit |
| Material (Reibung) | Plexiglas | | Visuelle Kontrollmöglichkeit |
| | Kupfer | | Kompatibilität |
| | Email | | Verletzungsgefährdung |
| | Hartgummi | | Sicherheit gegen unbeabsichtigtes Stellen |
| | Messing | Feedback | Visuell-Analoganzeigen |
| | Glas | | Visuell-Digitalanzeigen |
| | PVC, weich | | Taktil |
| | Sonst | | Null |
| Abmessung | Umfassungsgriffe | Kräfte | Formschluss |
| Stellteilen | Drehen | | Reibschluss |
| | Schwenken | Auflösung-Farbe | |
| | Drücken | Auflösung-Beschriftung | |
| | Schieben | Auflösung-Piktogramme | |
| | Ziehen | Genauigkeit | Fein |
| Sicherheit | Bruchsicherheit | | Grob |
| | Chemische Beständigkeit | Fuß | Pedale |
| | Wärmeleitfähigkeit | | Schalter |
| | Elektrische Leitfähigkeit | | Hebel |
| | | | Schaltleiste |

Tabelle 66 Von Bullinger vorgestellte Merkmalsarten und Merkmale

## Anhang D2.2.4 Zusammenfassung aller Literaturquellen zur Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle

| Merkmalarten/ Merkmale \ Literaturquelle zur Bestimmung der Merkmalarten/ Merkmale | | Gestaltung der Bedienplatte [299] | Gestaltungs-relevante Kriterien [300] | Schnittstellen in MMS [301] | Anthropometrie und räumliche Gestaltung [302] | Informationstechnische Gestaltung [303] | Hauptmerkmale [304] | RULA [305] | OWAS [306] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Körperhaltung | Stehen | | • | | | | | | |
| | Sitzen | | • | | | | | | |
| | Liegen | | • | | | | | | |
| | Knien | | • | | | | | | • |
| | Hocken | | • | | | | | | |
| Bewegungs-form | Hals | | | | | | | | • |
| | Hand | | | | | | | • | |
| | Hand-Arm | | | | | | | • | • |
| | Rücken | | | | | | | • | • |
| | Bein | | | | | | | • | • |
| | Fuß | | | | | | | | |
| Bewegungs-umfang | Horizontal-frontal | • | | | | | | | |
| | Frontal-sagittal | • | | | | | | | |
| | Sagittal-horizontal | • | | | | | | | |
| Handhaltung | Dorsal-volarer | • | | | | • | | • | |
| | Ulnar-radialer | • | | | | • | | • | |
| | Supination-Pronation | | | | | | | • | |
| Greifart | Kontaktgriff | | • | • | • | • | | | |
| | Zufassungsgriff | | • | • | • | • | | | |
| | Umfassungsgriff | | • | • | • | • | | | |
| Kopplungsart | Formschluß | • | • | | | | | | |
| | Reibschluß | • | • | | | | | | |
| Abmessung | Umfassungsgriffe | • | • | | | | | | |
| | Finger | • | | | | | | | |
| Material | Plexiglas | | • | | | | | | |
| | Kupfer | | • | | | | | | |
| | Email | | • | | | | | | |
| | Hartgummi | | • | | | | | | |
| | Messing | | • | | | | | | |
| | Glas | | • | | | | | | |
| | PVC, weich | | • | | | | | | |
| | Sonst | | • | | | | | | |
| Form | Multiple Rotation | • | | | | | | | |
| | Fraktionelle Rotation | • | | | | | | | |
| | Raststellung | • | | | | | | | |
| Position | Vertikal | • | | | | | | | |
| | Horizontal | • | | | | | | | |

Tabelle 67 Zusammenfassung aller Konzepte der Mensch-Maschine-Schnittstelle zur Gestaltung[307]

[299] Vgl. MacCormick, Ernest J. und Sanders, Mark (1993), S. 764 f.
[300] Vgl. Bullinger, Hans-Jörg (1994), S. 307, 330, 321 f, 340f.
[301] Vgl. Schmidtke, Heinz (1993), S. 415 f, 432, 540.
[302] Vgl. Schlick, Christopher M. u.a. (2009), S. 1007, 1009, 1011, 1037.
[303] Vgl. Bullinger, Hans-Jörg u.a. (2009), S. 492 f, 506.
[304] Vgl. Pahl, Gerhard u.a. (2007), S. 220.
[305] Vgl. McAtamney, Lynn und Nigel Corlett, E. (1993), S. 93.
[306] Vgl. Bullinger, Hans-Jörg u.a. (2009), S.504.
[307] Eigene Tabelle.

| Merkmalarten/ Merkmale | Literaturquelle zur Bestimmung der Merkmalarten/ Merkmale | Gestaltung der Bedienplatte | Gestaltungs-relevante Kriterien | Schnittstellen in MMS | Anthropometrie und räumliche Gestaltung | Informationstechnische Gestaltung | Hauptmerkmale | RULA | OWAS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oberfläche | Glatt | • | • | | • | • | | | |
| | Gerillt | • | • | | • | • | | | |
| | Geriffelt | • | • | | • | • | | | |
| Auflösung | Farbe | • | • | | • | • | | | |
| | Größe | | | | • | • | | | |
| | Beschriftung | | • | | | • | | | |
| | Piktogramme | • | • | | | • | | | |
| Geometrie | Größe | | | | | | • | | |
| | Höhe | | | | | | • | | |
| | Breite | | | | | | • | | |
| | Länge | | | | | | • | | |
| | Durchmesser | | | | | | • | | |
| | Anzahl | | | | | | • | | |
| | Anschluss | | | | | | • | | |
| Genauigkeit | Fein | • | • | | | | | | |
| | Grob | • | • | | | | | | |
| Tot Zone | | • | | | | | | | |
| Feedback | Visuell- Analoganzeigen | | • | • | | | | | |
| | Visuell- Digitalanzeigen | | • | • | | | | | |
| | Null | | • | • | | | | | |
| | Taktil | | • | | | | | | |
| Kraft | Stress des Druckes | | | | | | • | | |
| | Größe | | | | | | • | | |
| | Zulässige Last | | | | | | • | | |
| | Steifigkeit | | | | | | • | | |
| | Zulässige Verformung | | | | | | • | | |
| | Stabilität | | | | | | • | | |
| | Federeigenschaften | | | | | | • | | |
| Sicherheit | Bruchsicherheit | • | • | | | | | | |
| | Chemische Beständigkeit | | • | | | | | | |
| | Wärmeleitfähigkeit | | • | | | | | | |
| | Elektrische Leitfähigkeit | | • | | | | | | |
| Stellteile | Drehen | | • | | | | | | |
| | Schwenken | | • | | | | | | |
| | Drücken | | • | | | | | | |
| | Schieben | | • | | | | | | |
| | Ziehen | | • | | | | | | |

Tabelle 68 Zusammenfassung aller Konzepte der Mensch-Maschine-Schnittstelle zur Gestaltung (Fortsetzung)

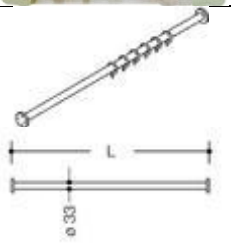
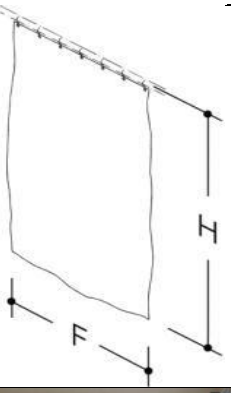
| Merkmalarten/ Merkmale \ Literaturquelle zur Bestimmung der Merkmalarten/ Merkmale | | Gestaltung der Bedienplatte | Gestaltungs-relevante Kriterien | Schnittstellen in MMS | Anthropometrie und räumliche Gestaltung | Informationstechnische Gestaltung | Hauptmerkmale | RULA | OWAS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Handbetätigte Stellteile | Erreichbarkeit der Stellteile | | • | | • | | | | |
| | Behinderungen beim Zugriff | | • | | | | | | |
| | Notwendige Kraftübertragung | | • | | | | | | |
| | Häufigkeit der Bedienung | • | • | | | | | | |
| | Hand-Arm-System | | • | | | | | | |
| | Ein- oder beidhändige Bedienung | | • | | | | | | |
| | Belastung durch statische Halte und Haltungsarbeit | | • | | • | | | | |
| | Belastung durch dynamische Muskelarbeit | | • | | • | | | | |
| | Notwendige Stellgenauigkeit | | • | | • | | | | |
| | Notwendige Stellgeschwindigkeit | | • | | • | | | | |
| | visuelle Kontrollmöglichkeit | | • | | | | | | |
| | Kompatibilität (Bestätigungssinn) | | • | • | • | • | | | |
| | Verletzungsgefährdung | | • | | | | | | |
| | Sicherheit gegen unbeabsichtigtes Stellen | | • | | | | | | |
| Funktions-räume | Sichträume | | | | • | | | | |
| | Greifräume | • | | | • | | | | |
| | Bewegungsräume | • | | | • | • | | | |
| Fuß | Pedale | | • | • | | | | | |
| | Schalter | | • | | | | | | |
| | Hebel | | • | | | | | | |
| | Schaltleiste | | • | | | | | | |

Tabelle 69 Zusammenfassung aller Konzepte der Mensch-Maschine-Schnittstelle zur Gestaltung (Fortsetzung)

# Anhang E2.2.1 Für die Ausführung einer Tätigkeit benötigte Fähigkeiten

| | | Tätigkeit | T1 Kleidung ablegen | T2 Duschvorhang aufziehen | T3 In die Dusche steigen | T4 Duschvorhang zuziehen | T5 Duschkopf greifen | T6 Duschkopf halten | T7 Duschkopf einhängen | T8 Wasserhahn öffnen | T9 Wasserhahn schließen | T10 Regulierung der Wassermenge | T11 Regulierung der Temperatur | T12 Körper benässen | T13 Greifen der Seife | T14 Seife zurücklegen | T15 Aufschäumen der Seife im Waschlappen/ Schwamm | T16 Einseifen des Körpers | T17 Massieren | T18 Abspülen der Seife | T19 Abtrocknen des Körpers | T20 Aus der Dusche steigen | T21 Kleidung anlegen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Abkürzung | Körperteil | Fähigkeit | t1 | t2 | t3 | t4 | t5 | t6 | t7 | t8 | t9 | t10 | t11 | t12 | t13 | t14 | t15 | t16 | t17 | t18 | t19 | t20 | t21 |
| HB | Beugen | Hals | | | | | | | | t8 | t9 | t10 | | t12 | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | | |
| HS | Strecken | Hals | | | | | t5 | t6 | t7 | | | | | | | | | | | | | | |
| HH | Heranziehen | Hals | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HA | Abziehen | Hals | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HD | Drehung | Hals | | | | | | | | | | | | t12 | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | | t21 |
| SchB | Beugen | Schulter | t1 | t2 | | t4 | t5 | t6 | t7 | t8 | t9 | t10 | t11 | t12 | t13 | t14 | | t16 | t17 | t18 | t19 | | t21 |
| SchS | Strecken | Schulter | t1 | | | | | | | | | | | | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | | t21 |
| SchH | Heranziehen | Schulter | t1 | t2 | | t4 | | | | | | | | t12 | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | | t21 |
| SchA | Abziehen | Schulter | t1 | t2 | t3 | t4 | | | | | | | | t12 | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | t20 | t21 |
| SchM | Mediale Drehung | Schulter | t1 | | t3 | | | | | | | | | t12 | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | t20 | t21 |
| SchL | Laterale Drehung | Schulter | t1 | | | | | | | | | | | t12 | | | | | | t18 | t19 | | t21 |
| UP | Pronation | Unterarm | | | t3 | | | | | t8 | t9 | t10 | t11 | | t13 | t14 | | t16 | t17 | t18 | t19 | t20 | t21 |
| US | Supination | Unterarm | | | | | | | | t8 | t9 | t10 | t11 | | t13 | | t15 | t16 | t17 | t18 | t19 | | t21 |
| RB | Beugen | Rumpf | t1 | | | | | | | | | | | t12 | t13 | t14 | | t16 | t17 | t18 | t19 | | t21 |
| RS | Strecken | Rumpf | t1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RL | Lateral Beugen | Rumpf | | | | | | | | | | | | | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | | |
| RD | Drehung | Rumpf | | | | | | | | | | | | | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | | |
| HüB | Beugen | Hüfte | | | t3 | | | | | | | | | t12 | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | t20 | |
| HüH | Heranziehen | Hüfte | | | | | | | | | | | | | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | | |
| HüAb | Abziehen | Hüfte | | | | | | | | | | | | | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | | |
| HüI | Innendrehung | Hüfte | | | | | | | | | | | | | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | | |
| HüAu | Außerdrehung | Hüfte | | | | | | | | | | | | | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | | |
| EB | Beugen | Ellenbogen | t1 | | | | t5 | t6 | t7 | t8 | t9 | t10 | t11 | t12 | t13 | t14 | t15 | t16 | t17 | t18 | t19 | | t21 |
| HGB | Beugen | Handgelenk | t1 | | | | | | | | | | | t12 | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | | |
| HGS | Strecken | Handgelenk | t1 | | t3 | | | | | t8 | t9 | t10 | t11 | | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | t20 | |
| HGH | Heranziehen | Handgelenk | | | | | | | | t8 | t9 | t10 | t11 | | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | | |
| HGA | Abziehen | Handgelenk | | | | | | | | t8 | t9 | t10 | t11 | | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | | |
| KB | Beugen | Knie | | | t3 | | | | | | | | | t12 | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | t20 | |
| KM | Mediale Drehung | Knie | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| KL | Laterale Drehung | Knie | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SGB | Beugen | Sprung-gelenk | | | t3 | | | | | | | | | | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | t20 | |
| SGS | Strecken | Sprung-gelenk | | | t3 | | | | | | | | | | | | | t16 | t17 | t18 | t19 | t20 | |
| SGI | Innendrehung | Sprung-gelenk | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SGA | Außendrehung | Sprung-gelenk | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FB | Beugen | Fußspitzen-gelenk | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FS | Strecken | Fußspitzen-gelenk | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HaK | Kurbeln | Hand | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HaSch | Schlagen | Hand | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HaSto | Stoßen | Hand | | | t3 | | | | | | | | | | t13 | | | | | | t19 | t20 | |
| HaZ | Ziehen | Hand | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HaG | Greifen | Hand | t1 | t2 | t3 | t4 | | t6 | t7 | t8 | t9 | t10 | t11 | t12 | t13 | t14 | | t16 | t17 | t18 | t19 | t20 | t21 |
| HaA | Abwiegen | Hand | t1 | t2 | | t4 | | t6 | t7 | | | | | t12 | | | | | | t18 | | | |
| HaDrü | Drücken | Hand | | | | | | | | | | | | | | | t15 | t16 | t17 | | t19 | | |
| HaDre | Drehen | Hand | | | | | | | | | | | | | | | | | | | t19 | | |

## Anhang E2.2.2 Beschreibung der für die vorliegende Arbeit berücksichtigten Grundausstattung im Badezimmer

| Produkt | Erläuterung | Aussehen |
|---|---|---|
| Bademantel | Größe: M | |
| Duschvorhang | • Länge auf Maß gefertigt von min. 400 mm bis max.1700 mm<br>• Stangendurchmesser 33 mm<br>• Rosettendurchmesser 80 mm |  |
| | • Vorhangbreite 1400 mm<br>• Vorhanghöhe 2000 mm |  |
| Badewanne | 1900 X 900 mm | |
| Duschkopf | Handbrause 130 mm<br>Brauseschlauch 1750 mm<br>Brausestange 900 mm | |

**Anhang E2.2.2 Beschreibung der für die vorliegende Arbeit berücksichtigten Grundausstattung im Badezimmer (Fortsetzung)**

| | | |
|---|---|---|
| Wasserhahn | Bedienungsgriff Ø 60mm<br>Breite 160 mm | |
| Seifenunterlage | 90x140mm | |
| Schwamm/Waschlappen | 160x210mm | |
| Badetuch | 800x1500mm | |

# Anhang E2.2.3 Ereignisbaumanalyse & Fehlerbaumanalyse mit Produkt „Handtuch“ und Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“

| Produkt | Tätigkeit | Einheit | Funktion | Mögliches Verhalten | Erfolgreiches Verhalten und dessen Scheitern wegen der eingeschränkten Fähigkeit | Ursache |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Handtuch | T19 Abtrocknen des Körpers | Hals | Beugen | Kopf senken | Man kann nicht den ganzen Körper sehen | Halsgelenk kann sich nicht abwärts beugen |
| | | | Drehen | Kopf umdrehen | Man kann nicht den ganzen Körper sehen | Halsgelenk kann sich nicht seitlich drehen |
| | | Schulter | Beugen | Arm heben | Man kann das Handtuch nicht vom Aufhänger abnehmen und den Kopf abtrocknen | Arm kann nicht gehoben werden |
| | | | Strecken | Arm nach hinten strecken | Man kann den Rücken nicht mit dem Handtuch abtrocken | Arm kann nicht runter gestreckt werden |
| | | | Heranziehen | Arm nach innen ziehen | Man kann mit einer Hand die andere Seite des Körpers nicht abtrocken | Die haltende Hand kann nicht die andere Seite des Körpers erreichen |
| | | | Abziehen | Arm nach außen drücken | Man kann den Rücken nicht mit dem Handtuch abtrocken | Man kann den Arm nicht nach außen ziehen |
| | | | Mediale Drehung | Unterarm nach innen heben | Man kann mit einer Hand die andere Seite des Körpers nicht abtrocknen | Arm kann sich nicht nach innen bewegen |
| | | | Laterale Drehung | Unterarm nach außen heben | Man kann nicht den Rücken und den Kopf mit dem Handtuch abtrocknen | Arm kann sich nicht nach außen bewegen |
| | | Unterarm | Pronation | Unterarm nach innen drehen (Handfläche zeigt nach unten) | Man kann nicht den ganzen Körper mit dem Handtuch abtrocknen | Unterarm kann sich nicht selbstständig drehen |
| | | | Supination | Unterarm nach außen drehen (Handfläche zeigt nach oben) | Man kann nicht den ganzen Körper mit dem Handtuch abtrocknen | Unterarm kann sich nicht selbstständig drehen |
| | | Rumpf | Beugen | Sich vorbeugen | Man kann nicht die unteren Extremitäten abtrocknen | Hand kann nicht die unteren Extremitäten erreichen |
| | | Hüft | Beugen | Oberschenkel heben | Man kann nicht einfach die unteren Extremitäten abtrocknen | Man muss sich vorbeugen, um den Fuß zu erreichen |
| | | | Heranziehen | Oberschenkel heben und nach innen drehen | Man kann nicht den ganzen Oberschenkel abtrocknen | Äußere Seite des Oberschenkels ist nicht einfach zu erreichen |
| | | | Abziehen | Oberschenkel heben und nach außen drehen | Man kann nicht den ganzen Oberschenkel abtrocknen | Innere Seite des Oberschenkels ist nicht einfach zu erreichen |
| | | | Innendrehung | Oberschenkel nach innen drehen | Man kann die Fußsohlen nicht einfach abtrocknen | Bein kann nicht richtig angehoben werden |
| | | | Außendrehung | Oberschenkel nach außen drehen | Man kann die Fußsohlen nicht einfach abtrocknen | Bein kann nicht richtig angehoben werden |
| | | Ellenbogen | Beugen | Arm anwinkeln | Man kann das Handtuch nicht an den Körper heranführen | Unterarm kann sich nicht beugen |
| | | Handgelenk | Beugen | Handgelenk beugen | Man kann nicht den ganzen Körper mit dem Handtuch abtrocknen | Handgelenk beugt sich nicht |
| | | | Strecken | Handgelenk strecken | Man kann nicht den ganzen Körper mit dem Handtuch abtrocknen | Handgelenk streckt sich nicht |
| | | | Heranziehen | Handgelenk in Richtung Daumen ziehen | Hand kann den ganzen Körper nicht einfach abtrocknen | Handgelenk bewegt sich nicht wie gewünscht |
| | | | Abziehen | Handgelenk in Richtung kleinen Finger ziehen | Hand kann den ganzen Körper nicht einfach abtrocknen | Handgelenk bewegt sich nicht wie gewünscht |
| | | Knie | Beugen | Knie beugen | Man kann die Fußsohle nicht einfach abtrocknen | Fuß kann nicht angehoben werden |
| | | Sprung-gelenk | Beugen | Fußspitzen nach oben beugen | Man kann die Fußsohle nicht einfach abtrocknen | Fußspitzen können nicht angehoben werden |
| | | | Strecken | Auf den Fußspitzen stehen | Man kann die Ferse nicht einfach abtrocknen | Ferse kann nicht angehoben werden |
| | | Hand | Stoßen | Handtuch an den Körper drücken | Handtuch fällt herunter | Man kann das Handtuch nicht festhalten |
| | | | Greifen | Das Handtuch halten | Handtuch fällt herunter | Man kann das Handtuch nicht festhalten |
| | | | Drücken | Das Handtuch auswringen | Handtuch fällt herunter | Man kann das Handtuch nicht festhalten |
| | | | Drehen | Man trocknet das Handtuch ab | Man kann das Handtuch nicht auswringen | Man kann das Handtuch nicht festhalten |
| | | | Wischen | Man trocknet den Körper mit dem Handtuch ab | Man kann den körper mit dem Handtuch nicht abtrocknen | Hand kann nicht wischen |
| | | Muskel | Isometrische Kontraktion | Man hält das Handtuch | Handtuch fällt herunter | Man hat nicht die Kraft das Handtuch festzuhalten |
| | | | Konzentrische Kontraktion | Sich mit dem Handtuch den Körper nähern | Handtuch fällt herunter | Man hat nicht die Kraft das Handtuch festzuhalten |
| | | | Exzentrische Kontraktion | Man hält das Handtuch vom Körper entfernt | Handtuch fällt herunter | Man hat nicht die Kraft das Handtuch festzuhalten |

## Anhang E2.2.3 Ereignisbaumanalyse & Fehlerbaumanalyse mit Produkt „Handtuch“ und Teiltätigkeit „Abtrocknen des Körpers“ (Fortsetzung)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Auge | Visual | Man kann sehen | | |
| Innenohr | Vestibulär | Man hält das Gleichgewicht | Körper bleibt nass | Man kann das Wasser am Körper nicht deutlich sehen |
| Haut | Tactil | Die Feuchtigkeit am Körper fühlen | Man stürzt beim Abtrocknen | Man hat kein gutes Gleichgewicht |
| Muskel-spindel | Kinästhetisch | Die Bewegung des Körpers fühlen | Körper bleibt nass | Man spürt kein Wasser am Körper |
| Gehirn | Wahrnehmung | Wahrnehmen | Man stürzt beim Abtrocknen | Man verliert das Gleichgewicht bei der Veränderung der Körperposition |
| | Entscheidung | Sich entscheiden | Man kann nichts wahrnehmen | Die Funktionalität der Wahrnehmung fällt aus |
| | Gedächtnis | Sich erinnern | Man kann sich nicht entscheiden | Schlechtes Gedächtnis |
| | Koordination | Man koordiniert Bewegungen | Man kann sich nicht erinnern | Erinnerung ist unklar |
| Rückenmark | Somatosensorische Übertragung | Äußere Reize werden zum Gehirn transportiert | Man stürzt beim Abtrocknen | Man kann Bewegungen nicht koordinieren |
| | Muskelkontrolle | Gehirn erteilt Signal zum Bewegen | Man spürt nichts | Gehirn bekommt keine Signale |
| Nerven | Afferent | Signal wird zum Rückenmark transportiert | Man kann sich nicht genau bewegen | Signale können nicht zu den Extremitäten transportiert werden |
| | Efferent | Signal wird zum Bewegungsapparat transportiert | Man spürt nichts | Signale können nicht zum Rückenmark transportiert werden |
| | | | Man kann sich nicht genau bewegen | Signale können nicht zu den Muskeln transportiert werden |

# Anhang E2.2.4 Ereignisbaumanalyse & Fehlerbaumanalyse mit Produkt „Duschkopf“ und Teiltätigkeit „Abspülen der Seife“

| Produkt | Tätigkeit | Einheit | Funktionalität | Mögliches Verhalten | Erfolgreiches Verhalten und dessen Scheitern wegen der eingeschränkten Fähigkeit | Ursache |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hals | Beugen | Kopf senken | Man kann nicht den ganzen Körper sehen | Halsgelenk kann sich nicht abwärts beugen |
| | | | Drehung | Kopf drehen | Man kann nicht den ganzen Körper sehen | Halsgelenk kann sich nicht seitlich drehen |
| | | Schulter | Beugen | Arm heben | Man kann den Duschkopf vom Aufhänger nicht abnehmen und den Kopf abspülen | Arm kann nicht gehoben werden |
| | | | Strecken | Arm nach hinten strecken | Man kann nicht den Rücken mit dem Duschkopf abspülen | Arm kann nicht runter gestreckt werden |
| | | | Heranziehen | Arm nach innen ziehen | Man kann mit einer Hand die andere Seite des Körpers nicht abspülen | Die haltende Hand kann nicht die andere Seite des Körpers erreichen |
| | | | Abziehen | Arm nach außen ziehen | Man kann nicht den Rücken mit dem Duschkopf abspülen | Man kann den Arm nicht nach außen ziehen |
| | | | Mediale Drehung | Unterarm nach innen heben | Man kann mit einer Hand die andere Seite des Körpers nicht abspülen | Arm kann sich nicht nach innen bewegen |
| | | | Laterale Drehung | Unterarm nach außen heben | Man kann nicht den Rücken und den Kopf mit dem Duschkopf abspülen | Arm kann sich nicht nach außen bewegen |
| Duschkopf | T18 Abspülen der Seife | Unterarm | Pronation | Unterarm nach innen drehen (Handfläche zeigt nach unten) | Man kann nicht den ganzen Körper mit dem Duschkopf abspülen | Unterarm kann sich nicht selbstständig drehen |
| | | | Supination | Unterarm nach außen drehen (Handfläche zeigt nach oben) | Man kann nicht den ganzen Körper mit dem Duschkopf abspülen | Unterarm kann sich nicht selbstständig drehen |
| | | Rumpf | Beugen | Sich vorbeugen | Man kann nicht die unteren Extremitäten abspülen | Hand kann nicht die unteren Extremitäten erreichen |
| | | Hüfte | Beugen | Oberschenkel heben | Man kann nicht einfach die unteren Extremitäten abspülen | Man muss sich vorbeugen, um den Fuß zu erreichen |
| | | | Heranziehen | Oberschenkel heben und nach innen drehen | Man kann nicht den ganzen Oberschenkel abspülen | Äußere Seite des Oberschenkels ist nicht einfach zu erreichen |
| | | | Abziehen | Oberschenkel heben und nach außen drehen | Man kann nicht den ganzen Oberschenkel abspülen | Innere Seite des Oberschenkels ist nicht einfach zu erreichen |
| | | | Innendrehung | Oberschenkel nach innen drehen | Man kann die Fußsohle nicht einfach abspülen | Bein kann nicht richtig angehoben werden |
| | | | Außerdrehung | Oberschenkel nach außen drehen | Man kann die Fußsohle nicht einfach abspülen | Bein kann nicht richtig angehoben werden |
| | | Ellenbogen | Beugen | Arm anwinkeln | Man kann den Duschkopf nicht an den Körper heranführen | Unterarm kann nicht sich beugen |
| | | Handgelenk | Beugen | Handgelenk beugen | Man kann nicht den ganzen Körper mit dem Duschkopf abspülen | Handgelenk beugt sich nicht |
| | | | Strecken | Handgelenk strecken | Man kann nicht den ganzen Körper mit dem Duschkopf abspülen | Handgelenk streckt sich nicht |
| | | | Heranziehen | Handgelenk in Richtung Daumen ziehen | Hand kann den ganzen Körper nicht einfach abspülen | Handgelenk bewegt sich nicht wie gewünscht |
| | | | Abziehen | Handgelenk in Richtung kleinen Finger ziehen | Hand kann den ganzen Körper nicht einfach abspülen | Handgelenk bewegt sich nicht wie gewünscht |
| | | Knie | Beugen | Knie beugen | Man kann die Fußsohle nicht einfach abspülen | Fuß kann nicht angehoben werden |
| | | Sprunggelenk | Beugen | Fußspitzen nach oben beugen | Man kann die Fußsohle nicht einfach abspülen | Fußspitzen können nicht angehoben werden |
| | | | Strecken | Auf den Fußspitzen stehen | Man kann die Fußsohle nicht einfach abspülen | Ferse kann nicht angehoben werden |
| | | Hand | Greifen | Den Duschkopf halten | Duschkopf fällt herunter | Man kann den Duschkopf nicht festhalten |
| | | | Abwiegen | Das Gewicht des Duschkopfes abwiegen | Duschkopf fällt herunter | Man unterschätzt das Gewicht des Duschkopfes und der Duschkopf fällt herunter |
| | | Muskel | Isometrische Kontraktion | Man hält den Duschkopf | Duschkopf fällt herunter | Man hat nicht die Kraft den Duschkopf festzuhalten |
| | | | Konzentrische Kontraktion | Sich mit dem Duschkopf den Körper nähern | Duschkopf fällt herunter | Man hat nicht die Kraft den Duschkopf festzuhalten |
| | | | Exzentrische Kontraktion | Man hält den Duschkopf vom Körper entfernt | Duschkopf fällt herunter | Man hat nciht die Kraft den Duschkopf festzuhalten |

## Anhang E2.2.4 Ereignisbaumanalyse & Fehlerbaumanalyse mit Produkt „Duschkopf“ und Teiltätigkeit „Abspülen der Seife“ (Fortsetzung)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Auge | Visual | Man kann sehen | | |
| Innenohr | Vestibular | Man hält das Gleichgewicht | Schaum bleibt am Körper | Man kann den Schaum am Körper nicht deutlich sehen |
| Haut | Tactile | Den Schaum am Körper fühlen | Man stürzt beim Abspülen | Man hat kein gutes Gleichgewicht |
| Haut | Thermal | Die Temperatur des Wassers fühlen | Schaum bleibt am Körper | Man spürt keinen Schaum am Körper |
| Muskelspindel | Kinesthetic | Die Bewegung des Körpers fühlen | Haut schwellt wegen der hohen Temperatur an | Man spürt keine richtige Temperatur |
| Gehirn | Wahrnehmung | Wahrnehmen | Man stürzt beim Abspülen | Man verliert das Gleichgewicht bei der Veränderung der Körperposition |
| | Entscheidung | Sich entscheiden | Man kann nichts wahrnehmen | Die Funktionalität der Wahrnehmung fällt aus |
| | Gedächtnis | Sich erinnern | Man kann sich nicht entscheiden | Schlechtes Gedächtnis |
| | Koordination | Man koordiniert Bewegungen | Man kann sich nicht erinnern | Erinnerung ist unklar |
| Rückenmark | Somatosensorische Über | Äußere Reize werden zum Gehirn transportiert | Man stürzt beim Abspülen | Man kann Bewegungen nicht koordinieren |
| | Muskelkontrolle | Gehirn erteilt Signal zum Bewegen | Man spürt nichts | Gehirn bekommt keine Signale |
| Nerven | Afferent | Signal wird zum Rückenmark transportiert | Man kann sich nicht genau bewegen | Signale können nicht zu den Extremitäten transportiert werden |
| | Efferent | Signal wird zum Bewegungsapparat transportiert | Man spürt nichts | Signale können nicht zum Rückenmark transportiert werden |
| | | | Man kann sich nicht genau bewegen | Signale können nicht zu den Muskeln transportiert werden |